



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS
UNIDAD MÉRIDA**

Departamento de Recursos del Mar

Doctorado en Ciencias Marinas

**Evaluación de los Patrones de Distribución, Composición y Diversidad de las Comunidades
Megabentónicas del Mar Profundo del Cinturón Plegado Perdido y la Plataforma de
Yucatán, Golfo de México, México.**

TESIS DOCTORAL

Presenta:

**Juan Carlos Rubio Polania
M.C en Ecología Marina**

Director:

Dr. Daniel Torruco Gómez

Mérida, Yucatán, México

Miembros del comité:

Dr. Daniel Torruco Gómez
Director de tesis
Profesor investigador 3A
CINVESTAV Unidad Mérida

Dr. Rossana del Pilar Rodríguez Canul
Sinodal
Profesor investigador 3C
CINVESTAV Unidad Mérida

Dr. Ángel Borja Yerro
Sinodal
Investigador principal
AZTI

Dr. Jorge Euán Ávila
Sinodal
Profesor investigador 3A
CINVESTAV Unidad Mérida

Dr. Ismael Mariño Tapia
Sinodal
Profesor investigador 3B
CINVESTAV Unidad Mérida

A YHWH, mi madre y mi padre, quienes siempre me acompañan.

Agradecimientos

Este proyecto fue resultado de un proceso que inició en el año 2013 y no hubiese podido llevar acabo sin el apoyo de quienes han hecho parte de mi vida desde aquellos días, razón por la cual deseo agradecer a mi señor Dios todopoderoso y eterno, por ser la luz que siempre me ilumina, quien junto a mis padres han sido parte de mis éxitos, fracasos, aventuras y los pocos momentos aburridos que hemos tenido gracias a Chicho, Sol y Milo. A Fernanda Sandez por acompañarme durante estos cuatro años desde la distancia.

Al pueblo de México que a través del programa de becas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), me dieron la valiosa oportunidad de estudiar, hacer muchos de mi sueños realidad, enriqueciendo así mi vida. De igual forma, debo agradecer a los médicos y enfermeros del ISSSTE, quienes me brindaron su oportuna atención a lo largo de estos 4 años.

Realizar esta investigación en el CINVESTAV unidad Mérida, me aportó las herramientas necesarias para la efectiva evaluación de comunidades, razón por la cual agradezco a la institución y al Departamento de Recursos del Mar. A su vez, fue invaluable el apoyo brindado por el Consorcio de Investigación del Golfo de México (CiGoM) y los recursos aportados por Petróleos Mexicanos (PEMEX), dada la complejidad, recursos logísticos y económicos necesarios para la evaluación de comunidades megabentónicas, sin el apoyo de estas instituciones hubiese sido imposible realizar esta investigación.

A mi director Dr. Daniel Torruco Gómez por darme la oportunidad de llevar este proyecto a cabo y ser parte del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CiGoM), a través del grupo interdisciplinario del CINVESTAV unidad Mérida. Para la ejecución y divulgación de esta investigación fue muy importante la participación de la Dra. Alicia González quien estuvo siempre al tanto de los requerimientos necesarios para desarrollar de manera adecuada este proyecto.

En este punto es grato para mi recordar a los miembros de mi comité que hacen parte del CINVESTAV unidad Mérida, quienes me dieron su voto de confianza al interior del posgrado y en los diferentes eventos académicos a los asistí. Al profesor Ángel Borja quien desde el 2013 resolvió muchas de mis dudas, aceptó ser parte de mi comité, brindarme

consejos, buen humor, ejemplo y paciencia. También fue muy importante la ayuda del Dr. Ivan Velazquez-Abunader por su invaluable colaboración en programación y el Dr. Carlos Ibarra en mi examen de conocimientos.

A los compañeros del posgrado del CINVESTAV unidad Mérida, al personal del laboratorio de Geoquímica Marina y al programa de Fondos Mixtos (FOMIX), por el apoyo logístico, académico y personal brindado durante esta investigación. A Mirella Hernández, el Maestro en Ciencias Victor Ceja, el Dr. Ariel Chi y el personal que hizo parte de los cruceros oceanográficos Gomex IV, Gomex V, Perdido II y Perdido III, por su colaboración en la adquisición del material biológico, completar requisitos del programa de posgrado y procesamiento de muestras; sin su ayuda esto habría sido imposible.

A la Dra. Elena Solana y la Maestra en Ciencias Guadalupe Hernández, por guiarme de manera directa e indirecta hasta CINVESTAV (Lupita cero y van dos); también a los buenos consejos de la Dra. Bertha Lavaniegos y el Maestro en Ciencias Ofir Molina. A los compañeros del AZTI sede Pasaia por su buena vibra, en particular a Igor, Miren, Amaia, Kemal, Claudia, Maite y David.

Hubo etapas específicas de esta investigación donde la colaboración recibida el Dr. Alejandro Cueva, la Maestra en Ciencias Nadia Siordia, junto a las comunidades de github y stackoverflow (directa e indirectamente) fue más que oportuna.

Para mí es muy importante agradecer a quienes en momentos de necesidad me negaron su ayuda, eso me ayudó a crecer.

Esta investigación ha sido financiada por el Fondo Sectorial CONACYT-SENER-Hidrocarburos, proyecto 201441. Esta es una contribución del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM). Reconocemos a PEMEX por promover ante el Fondo la demanda específica sobre los derrames de hidrocarburos y el medio ambiente.

Por todo gracias!

Tabla de contenido

Resumen	1
Abstract.....	2
Organización de la tesis	3
Códigos asignados a las variables ambientales	4
1 Introducción	5
1.1 Justificación	12
1.2 Preguntas de Investigación	13
1.3 Hipótesis	14
1.4 Objetivos.....	15
1.4.1 Objetivo General.....	15
1.4.2 Objetivos Específicos	15
1.5 Materiales y Métodos Generales	16
1.5.1 Área de Estudio	16
1.5.2 Método de muestreo	20
2 Capítulo II: Estructura del hábitat de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido.....	22
Resumen	22
2.1 Introducción.....	23
2.2 Materiales y métodos.....	25
2.3 Resultados.....	30
2.3.1 Variables oceanográficas de fondo.....	30
2.3.2 Fondos blandos y carbono de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) y del Cinturón Plegado Perdido (CPP).	53
2.3.3 Hidrocarburos almacenados en el sedimento	56
2.3.4 Condición multiestructural del hábitat	67
2.4 Discusión	68
2.4.1 Variables oceanográficas de fondo.....	68
2.4.2 Fondos blandos y carbono de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) y del Cinturón Plegado Perdido (CPP).	73
2.4.3 Hidrocarburos almacenados en el sedimento	75
2.4.4 Condición multiestructural del hábitat	76
2.5 Conclusiones.....	77
3 Capítulo III: Estructura de la comunidad megabentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido.....	80

Resumen	80
3.1 Introducción.....	81
3.2 Materiales y métodos.....	84
3.3 Resultados.....	86
3.3.1 Aspectos generales de las comunidades megabentónicas evaluadas.....	86
3.3.2 Esfuerzo muestral	88
3.3.3 Especies con mayores contribución a la abundancia y biomasa	90
3.3.4 Abundancia y estructura comunitaria de la Plataforma Continental de Yucatán	92
3.3.5 Relación de la abundancia de la megafauna bentónica con las variables ambientales en los Márgenes Externos de la Plataforma de Yucatán	104
3.3.6 Biomasa y estructura comunitaria de la megafauna bentónica de en los Márgenes Externos de la Plataforma de Yucatán.....	106
3.3.7 Relación de la biomasa de la megafauna bentónica con las variables ambientales en los Márgenes Externos de la Plataforma de Yucatán	117
3.3.8 Diferencias estructurales temporales en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY).....	118
3.3.9 Abundancia y estructura comunitaria del Cinturón Plegado Perdido (CPP).....	121
3.3.10 Relación de la abundancia de la megafauna bentónica con las variables ambientales en el Cinturón Plegado Perdido (CPP).....	131
3.3.11 Biomasa y estructura comunitaria de la megafauna presente en el Cinturón Plegado Perdido (CPP).....	134
3.3.12 Relación de la biomasa de la megafauna bentónica con las variables ambientales en el Cinturón Plegado Perdido (CPP).....	143
3.3.13 Diferencias estructurales temporales en los márgenes continentales y mar profundo del Cinturón Plegado Perdido (CPP).....	145
3.4 Discusión	147
3.4.1 Aspectos generales de las comunidades megabentónicas evaluadas.....	147
3.4.2 Esfuerzo muestral	149
3.4.3 Especies más importantes.....	151
3.4.4 Abundancia y estructura comunitaria de la Plataforma Continental de Yucatán ...	152
3.4.5 Biomasa y estructura comunitaria de la megafauna bentónica Plataforma Continental de Yucatán.....	168
3.4.6 Diferencias estructurales temporales en los márgenes externos de la Plataforma Continental de Yucatán.....	182
3.4.7 Abundancia y estructura comunitaria del Cinturón Plegado Perdido (CPP).....	183
3.4.8 Biomasa y estructura comunitaria de la megafauna presente en el Cinturón Plegado Perdido (CPP).....	197

3.4.9	Diferencias estructurales temporales en los márgenes continentales y mar profundo del Cinturón Plegado Perdido (CPP).....	218
3.5	Conclusiones.....	219
4	Capítulo IV: Diversidad local y cambio en la composición de las comunidades megabentónicas de los Márgenes Externos de la Plataforma de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido	221
	Resumen	221
4.1	Introducción.....	222
4.2	Materiales y métodos.....	224
4.3	Resultados.....	228
4.3.1	Curvas ABC una primera aproximación a la condición ecológica del ambiente ...	228
4.3.2	Diversidad Alfa (α) de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP).	237
4.3.3	Diversidad beta de los Márgenes Externos de la Plataforma Continental de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP).	246
4.3.4	Diferencias temporales de las medidas de las medidas de condición y diversidad evaluadas.	254
4.3.5	Relación entre los índices ecológicos y las variables ambientales	255
4.4	Discusión	257
4.4.1	Curvas ABC una primera aproximación a la condición ecológica del ambiente. ...	257
4.4.2	Diversidad Alfa (α) de los Márgenes Externos de la Plataforma de Yucatán	261
4.4.3	Diversidad beta de los Márgenes externos de la Plataforma Continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido.....	272
4.4.4	Diferencias temporales de las medidas de condición y diversidad evaluadas.....	281
4.4.5	Relación entre los índices ecológicos y las variables ambientales.....	283
4.5	Conclusiones.....	287
5	Capítulo V: Distintividad taxonómica, diversidad y redundancia funcionales de las comunidades megabentónicas distribuidas en los Márgenes Externos de la Plataforma Continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido	289
	Resumen	289
5.1	Introducción.....	290
5.2	Materiales y métodos.....	294
5.3	Resultados.....	298
5.3.1	Distintividad taxonómica promedio y variación de la distintividad taxonómica como herramienta para evaluar la diversidad gamma.	299
5.3.2	Relación entre los índices de distintividad promedio y las variables ambientales.	303
5.3.3	Diversidad y redundancia funcional de dos regiones del Golfo de México.....	305

5.3.4	Relación entre las modalidades y los índices de diversidad y redundancia funcional con las variables ambientales.	322
5.4	Discusión	325
5.4.1	Distintividad taxonómica promedio y variación de la distintividad taxonómica promedio.....	325
5.4.2	Relación entre los índices de distintividad promedio y las variables ambientales.	328
5.4.3	Diversidad y redundancia funcional de dos regiones del Golfo de México.....	330
5.4.4	Relación de la diversidad y redundancia funcional de dos áreas del Golfo de México.	333
5.5	Conclusiones.....	335
6	Capítulo VI: Condición Ecológica de los Márgenes Externos de la Plataforma Continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido a través de índices bióticos	338
	Resumen	338
6.1	Introducción.....	339
6.2	Materiales y métodos.....	341
6.2.1	Resultados.....	345
6.2.2	Índices biológicos AMBI y M-AMBI	345
6.2.3	Índices de sensibilidad al arrastre.....	351
6.2.4	Relación entre los índices biológicos y las variables ambientales	358
6.2.5	Relación entre los índices de sensibilidad ante actividades de arrastre con las variables ambientales	363
6.3	Discusión	363
6.3.1	Caracterización ambiental	363
6.3.2	Evaluación de los índices AMBI y M-AMBI.....	364
6.3.3	Relación entre los índices biológicos y las variables ambientales	368
6.3.4	Índices de sensibilidad al arrastre.....	371
6.3.5	Relación entre los índices de sensibilidad ante las actividades de arrastre y las variables ambientales.....	374
6.4	Conclusiones.....	375
7	Conclusión general	377
8	Bibliografía	379
9	Anexos	464
9.1	Capítulo II.....	464
9.2	Capítulo III	482

Lista de Tablas

- Tabla 2.1. Masas de agua reportadas en el Golfo de México (GoM) y presentes en el océano Atlántico, se excluyó la masa de agua del mediterráneo. Se presentan los rangos de valores de profundidad (m), densidad (kg m^{-3}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, oxígeno disuelto (mL L^{-1}) y su respectiva referencia..... 27
- Tabla 2.2. Modelos de distribución utilizados en los análisis de interpolación de las variables oceanográficas de fondo medidas durante los cruceros Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV). Se presentan las variables evaluadas, los modelos de distribución, los valores de los criterios de información de akaike (IAC) y bayesiano (IBC) y la prueba estadística usada para establecer diferencias entre los valores observados y estimados. 41
- Tabla 2.3. Modelos de distribución utilizados en los análisis de interpolación de las variables oceanográficas de fondo medidas durante los cruceros Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). Se presentan las variables evaluadas, los modelos de distribución, los valores de los criterios de información de akaike (AIC) y bayesiano (BIC) y la prueba estadística usada para establecer diferencias entre los valores observados y estimados. 52
- Tabla 2.4. Características texturales de los sedimentos de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY), colectados durante los cruceros Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV). Tamaño medio de grano (Mz), mediana (Md), clasificación (σ_1), asimetría (Sk) y curtosis (kg). arenas gruesas= A.gruesas, arenas medias=A.medias, arenas muy finas=AM.finás, arenas finas=A.finás, muy pobremente clasificada= MP.clasificada, pobremente clasificada=P.clasificada, moderadamente clasificada=M.clasificada, aproximadamente simétrica=A.simétrica, muy positiva=M.positiva, muy leptocúrtica=M.leptocúrtica..... 54
- Tabla 2.5. Cantidades porcentuales de las gravas, arenas, limos, carbono orgánico (Or.Car), carbono orgánico total (TOC) y materia orgánica (OM) de los sedimentos colectados en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY), durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV). 55
- Tabla 2.6. Cantidades porcentuales de las gravas, arenas, limos, carbono orgánico (Or.Car), carbono orgánico total (TOC) y materia orgánica (OM) de los sedimentos colectados en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII)..... 56
- Tabla 2.7. Índices de origen de los hidrocarburos aromáticos acumulados en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY). Los valores corresponden a muestras colectadas durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV). Los índices calculados corresponden a las razones FNAnt= fenantreno/antraceno, AnAFn= antraceno/(antraceno+fenantreno), FNMFe= fenantreno/metilfenantreno, FltePir= fluoranteno/pireno y FiPiFl= fluoranteno / (pireno + fluoranteneo). Fuentes: petrogénico (petr), pirogénico (pir), orgánico (org), indeterminado (ask). 57
- Tabla 2.8. Índices de origen de los hidrocarburos alifáticos presentes en los sedimentos de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY), durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV). Los índices calculados fueron PrFt= pristano/fitano, C17Pr= n-C₁₇/pristano, C18Ft= n- C₁₈/fitano, PrFtC17= (pristano+fitano)/ n- C₁₇, C17C29= n- C₁₇/ n- C₂₉, C31C19= n- C₃₁/ n- C₁₉, C29C31= n- C₂₉/ n- C₃₁, ICP= 2(n-

$C_{27+n-C_{29}}/(n-C_{26}+2(n-C_{28}) + n-C_{30})$, ALH= (compuestos menores a n-C₂₀) / (compuestos mayores a n-C₂₁). Fuentes: biogénico (bio), antropogénico (antr), petróleo fresco (f.petr), petróleo degradado (d.petr), marino (mar), continental (cont), terrestre (land), atmosférico (atm), plastas vasculares (v.plt), petróleo (petr), petróleo reciente (r.petr), bacterias con plantas superiores y animales marinos (bpm)..... 58

Tabla 2.9. Índices de origen de los hidrocarburos aromáticos acumulados en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido (PIII). Los índices calculados corresponden a las razones FNAnt= fenantreno/antraceno, AnAFn= antraceno/(antraceno + fenantreno), FNMFe = fenantreno/metilfenantreno, FltePir = fluoranteno/pireno y FIPiFl = fluoranteno / (pireno + fluoranteno). Fuentes: petrogénico (petr), pirogénico (pir), orgánico (org), indeterminado (ask). 62

Tabla 2.10. Índices de origen de los hidrocarburos alifáticos presentes en los sedimentos del Cinturón Plegado Perdido (CPP), durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). Los índices calculados fueron PrFt= pristano/fitano, C17Pr= n- C₁₇/pristano, C18Ft= n- C₁₈/fitano, PrFtC17= (pristano+fitano)/ n- C₁₇, C17C29= n- C₁₇/ n- C₂₉, C31C19= n- C₃₁/ n- C₁₉, C29C31= n- C₂₉/ n- C₃₁, ICP= $2(n-C_{27}+n-C_{29})/(n-C_{26}+2(n-C_{28}) + n-C_{30})$, ALH= (compuestos menores a n-C₂₀) / (compuestos mayores a n-C₂₁). . Fuentes: biogénico (bio), antropogénico (antr), petróleo fresco (f.petr), petróleo degradado (d.petr), marino (mar), continental (cont), terrestre (land), atmosférico (atm), plastas vasculares (v.plt), petróleo (petr), petróleo reciente (r.petr), bacterias con plastas superiores y animales marinos (bpm). 64

Tabla 3.1. Rango de distribución geográfico de especies (R.D.G), capturadas en los márgenes externos en la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP). 84

Tabla 3.2. Valores totales de abundancia y biomasa de los phyla capturados durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). Los valores de abundancia se encuentran en 10³ ind km⁻² y los de biomasa en kg AFDW km⁻². 87

Tabla 3.3. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) obtenido a partir de los valores de abundancia de la megafauna bentónica capturada en el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). 97

Tabla 3.4. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) obtenido a partir de los valores de abundancia de la megafauna bentónica capturada en el crucero oceanográfico Gomex V (GV). 104

Tabla 3.5. Análisis de similitud porcentual SIMPER obtenido a partir de los valores de biomasa de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). 111

Tabla 3.6. Análisis de similitud porcentual SIMPER calculado a partir de los valores de biomasa de las especies capturadas durante el crucero Gomex V (GV). 116

Tabla 3.7. Especies comunes de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán MEPY. Se presenta el phylum, la especie, la cantidad estaciones de captura (FGIV y FGV), abundancia total (10³ind km⁻²; AGIV y AGV) y los valores de biomasa total (kg AFDW km⁻²; BGIV y BGV). 119

Tabla 3.8. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) obtenido a partir de los valores de abundancia de la megafauna bentónica capturada en el crucero oceanográfico Perdido II (PII).....	126
Tabla 3.9. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) obtenido a partir de los valores de abundancia de la megafauna bentónica capturada en el crucero oceanográfico Perdido III (PIII).	130
Tabla 3.10. Análisis de similitud porcentual SIMPER obtenido a partir de los valores de biomasa de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Perdido II (PII).	138
Tabla 3.11. Análisis de similitud porcentual SIMPER obtenido a partir de los valores de biomasa de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Perdido III (PIII).	142
Tabla 3.12. Especies comunes de los márgenes externos del CPP. Se presenta el phylum, la especie, el rango de distribución geográfica por crucero, los valores de abundancia total (10^3 ind km ⁻²) y los valores de biomasa total (kg AFDW km ⁻²).	145
Tabla 4.1. Análisis de comparación de las curvas de abundancia y biomasa de la comunidad megabentónica de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY). Se presentan los valores totales de abundancia, biomasa de la fauna capturada en los cruceros Gomex IV (GIV) y Gomex GV (GV) y los valores del estadístico W.....	231
Tabla 4.2. Análisis de comparación de las curvas de abundancia y biomasa de la comunidad megabentónica del Cinturón Plegado Perdido (CPP). Se presentan los valores totales de abundancia, biomasa de la fauna capturada en los cruceros Perdido II (PII) y Perdido III (PIII) y los valores del estadístico W.	235
Tabla 4.3. Índices de diversidad beta calculados a partir de la composición, abundancia y biomasa de la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV).....	246
Tabla 4.4. Contribución por especie a la beta diversidad (SCBD) de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex IV (GIV), se presentan valores de abundancia y biomasa de la comunidad.....	248
Tabla 4.5. Índices de diversidad beta calculados a partir de la composición, abundancia y biomasa de la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV).	249
Tabla 4.6. Contribución por especie a la beta diversidad (SCBD) de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex V (GV), se presentan valores obtenidos a partir de la abundancia y biomasa de la comunidad.	250
Tabla 4.7. Contribución por especie a la beta diversidad (SCBD) de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII), se presentan valores obtenidos a partir de la abundancia y biomasa de la comunidad.	251
Tabla 4.8. Contribución por especie a la beta diversidad (SCBD) de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII), se presentan valores obtenidos a partir de la abundancia y biomasa de la comunidad.	254

Tabla 5.1. Rasgos funcionales de la megafauna bentónica tenidos en cuenta en el presente estudio. Se presenta el rasgo funcional, modalidades, funciones al ecosistema, referencias y los códigos asignados. P.Primario=Productor primario, A.Movilidad=Alta movilidad. ...	296
Tabla 6.1. Criterios de clasificación de la condición ecológica a partir de los valores aportados por el índice AMBI. Modificado de Borja et al. (2000).	342
Tabla 6.2. Rasgos biológicos, aspectos notables por rasgo y niveles de sensibilidad. Modificado de Gonzalez-Irusta et al. (2018).	343
Tabla 6.3. Valores de referencia del índice de resiliencia relacionada a actividades de arrastre y sus valores en unidades reales. AFDW: Ash Free Dry Weight (peso seco libre de cenizas).	345
Tabla 6.4. Valores y escala de color de los índices AMBI, BAMBI, M-AMBI, M-BAMBI, TDI.BESITO, TDI.BEAM y RTI. Los colores corresponden a la condición establecida por los índices AMBI y M-AMBI. Color azul claro no perturbado/muy bueno, verde levemente perturbado/buen estado, amarillo ambiente en condición moderada, naranja medianamente perturbado/deficiente con especies oportunistas de segundo grado, rojo ambiente muy perturbado/malo con especies oportunistas de primer orden, azul perdida funcional.	357
Tabla 9.1. Prueba no paramétrica de Mann-Whitney realizada para la comparación temporal de las variables oceanografías de fondo de lo MEPY. se presentan los valores del estadístico y el valor p.	464
Tabla 9.2. Prueba no paramétrica de Mann-Whitney, realizada para la comparación temporal de las variables oceanografías de fondo del CPP. se presentan los valores del estadístico y el valor p.	464
Tabla 9.3. variables ambientales medidas durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). Los hidrocarburos y metales pesados están expresados en $\mu\text{g kg}^{-1}$ equivalentes a partes por billón (ppb). El código nm corresponde a variables no medidas.	465
Tabla 9.4. Variables ambientales medidas durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). Los hidrocarburos y metales pesados están expresados en $\mu\text{g kg}^{-1}$ equivalentes a partes por billón (ppb).	469
Tabla 9.5. Variables ambientales medidas durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII). Los hidrocarburos y metales pesados están expresados en $\mu\text{g kg}^{-1}$ equivalentes a partes por billón (ppb).	473
Tabla 9.6. Variables ambientales medidas durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII). Los hidrocarburos y metales pesados están expresados en $\mu\text{g kg}^{-1}$ equivalentes a partes por billón (ppb).	475
Tabla 9.7. Varianza individual por eje del análisis de coordenadas principales (PCO).	477
Tabla 9.8. Valores de coordenadas principales de las variables ambientales de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP).	478
Tabla 9.9. Valores de coordenadas principales de las variables ambientales del Cinturón Plagado Perdido (CPP).	480

Tabla 9.10. Especies más abundantes, los valores están en 10^3 ind km^{-2} . Se presenta el phylum, especie, abundancia total (Abundancia), abundancia relativa (AR) y la abundancia relativa acumulada (ARA).....	483
Tabla 9.11. Especies con mayores contribuciones de biomasa, los valores de biomasa están en kg AFDW km^{-2} . Se presenta el phylum, especie, biomasa total (Biomasa), biomasa relativa (BR) y biomasa relativa acumulada (BRA).....	483
Tabla 9.12. Abundancia de especies en 10^3 ind km^{-2} capturados en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán durante el crucero Gomex IV (GIV).	485
Tabla 9.13. Abundancia de individuos en 10^3 ind km^{-2} de la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán durante el crucero Gomex V (GV).	493
Tabla 9.14. Biomasa de la comunidad megabentónica capturada en los márgenes externos de Yucatán durante el crucero Gomex (GIV). Los valores están en kg AFDW km^{-2}	502
Tabla 9.15. Biomasa de la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán durante el crucero Gomex V (GV). Los valores se encuentran en kg AFDW km^{-2}	507
Tabla 9.16. Abundancia de megafauna bentónica del Cinturón Plegado Perdido (CPP) capturada durante el crucero Perdido II (PII). Los valores se encuentran en 10^3 ind km^{-2} .516	
Tabla 9.17. Abundancia de la comunidad megabentónica capturada en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII). Los valores se encuentran en 10^3 ind km^{-2}	518
Tabla 9.18. Biomasa de la megafauna bentónica capturada en el Cinturón Plegado Perdido durante el crucero Perdido II (PII). Los valores se encuentran en kg AFDW km^{-2}	521
Tabla 9.19. Biomasa de la megafauna bentónica del Cinturón Plegado Perdido (CPP) capturada durante el crucero Perdido III (PIII) . Los valores están en kg AFDW km^{-2}	523

Lista de Figuras

Figura 1.1. Golfo de México (GoM), en color rojo son señaladas las estaciones de muestreo del Cinturón Plegado Perdido CCP y los márgenes externos de la plataforma continental de la Península de Yucatán (MEPY).....	17
Figura 1.2. Cinturón Plegado Perdido (CPP), se presentan las estaciones de muestreo donde fueron evaluadas las comunidades megabentónicas durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).	18
Figura 1.3. Plataforma continental de Yucatán, se presentan las estaciones de muestreo donde fueron evaluadas las comunidades megabentónicas durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV).	19
Figura 2.1. Temperatura de fondo evaluada durante el crucero Gomex IV (GIV). a. Valores de temperatura estimados, b. Valores de desviación estándar.....	31
Figura 2.2. Salinidad de fondo evaluada durante el crucero Gomex IV (GIV). a. Valores de salinidad estimados, b. Valores de desviación estándar.	32
Figura 2.3. Oxígeno disuelto (OD) de fondo evaluado durante el crucero Gomex IV (GIV). a. Valores estimados de oxígeno disuelto, b. Valores de desviación estándar.....	33
Figura 2.4. Clorofila (Chla) de fondo evaluada durante el crucero Gomex IV (GIV). a. Valores estimados de clorofila, b. Valores de desviación estándar.....	34
Figura 2.5. Masas de agua identificadas en el margen continental de Yucatán a partir de las variables oceanográficas de fondo medidas durante el crucero Gomex IV (GIV). a. Masa de agua de Yucatán (YSW), b. Masa de agua subsuperficial subtropical del Caribe (CSUW), c. Diagrama TS, d. Masa de agua común del GoM (CGW), e. Masa de agua central del Atlántico noroeste (WNACW), f. Masa de agua superficial del Caribe (CTSW).	35
Figura 2.6. Temperatura de fondo evaluada durante el crucero Gomex V (GV). a. Valores estimados de temperatura, b. Valores de desviación estándar.....	36
Figura 2.7. Salinidad de fondo evaluada durante el crucero Gomex V (GV). a. Valores estimados de salinidad, b. Valores de desviación estándar.	37
Figura 2.8. Oxígeno disuelto (OD) de fondo evaluado durante el crucero Gomex V (GV). a. Valores estimados de oxígeno disuelto, b. Valores de desviación estándar.....	38
Figura 2.9. Clorofila (Chla) de fondo evaluada durante el crucero Gomex V (GV). a. Valores estimados de clorofila, b. Valores de desviación estándar.	39
Figura 2.10. Masas de agua identificadas en el margen continental de Yucatán a partir de las variables oceanográficas de fondo medidas durante el crucero Gomex V (GV). a. Masa de agua de Yucatán (YSW), b. Masa de agua subsuperficial subtropical del Caribe (CSUW), c. Masa de agua común el GoM (CGW), d. Diagrama T-S, e. Masa de agua superficial tropical del Caribe (CTSW), f. Masa de agua central del Atlántico noroeste (WNACW), g. Masa de agua central del Atlántico noreste (ENACW).	40
Figura 2.11. Temperatura de fondo evaluada durante el crucero Perdido II (PII), a. Valores de temperatura estimados, b. Valores de desviación estándar.....	42

Figura 2.12. Salinidad de fondo evaluada durante el crucero Perdido II (PII). a. Valores de salinidad estimados, b. Valores de desviación estándar.	43
Figura 2.13. Oxígeno disuelto (OD) de fondo evaluado durante el crucero Perdido II (PII). a. Valores de oxígeno disuelto estimados, b. Valores de desviación estándar.....	44
Figura 2.14. Clorofila (Chla) de fondo evaluada durante el crucero Perdido II (PII). a. Valores de clorofila estimados, b. Valores de desviación estándar.	45
Figura 2.15. Masas de agua identificadas a partir de las variables oceanográficas de fondo medidas durante el crucero Perdido II (PII). a. Masa de agua común del GoM (CGW), b. Masa de agua subsuperficial subtropical del Caribe (CSUW), c. Masa de agua central del Atlántico noreste (WNACW), d. Diagrama T-S, e. Masa de agua central del atlántico noreste (ENACW), f. Masa de agua intermedia del Atlántico (AAIW). g. Masa de agua intermedia subártica del Atlántico este (EASIW).	46
Figura 2.16. Temperatura de fondo del Cinturón Plegado Perdido (CPP) evaluada durante el crucero Perdido III (PIII). a. Valores de temperatura estimados, b. Valores de desviación estándar.	47
Figura 2.17. Salinidad de fondo del Cinturón Plegado Perdido (CPP) evaluada durante el crucero Perdido III (PIII). a. Valores de temperatura estimados, b. Valores de desviación estándar.	48
Figura 2.18. Oxígeno disuelto (OD) de fondo del Cinturón Plegado Perdido (CPP) evaluado durante el crucero Perdido III (PIII). a. Valores de oxígeno disuelto estimados, b. Valores de desviación estándar.....	49
Figura 2.19. Clorofila (Chla) de fondo del Cinturón Plegado Perdido (CPP) evaluada durante el crucero Perdido III (PIII). a. Valores de clorofila estimados, b. Valores de desviación estándar.....	50
Figura 2.20. Masas de agua identificadas a partir de los valores de las variables oceanográficas de fondo medidas durante el crucero Perdido III (PIII). a. Masa de agua subsuperficial subtropical del Caribe (CSUW), b. Masa de agua de intermedia del Atlántico (AAIW), c. diagrama T-S, d. Masa de agua de intermedia subártica del Atlántico oeste (WASIW), e. Masa de agua central del Atlántico noreste (WNACW).	51
Figura 2.21. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, y ERL. a. Acenafteno (AcNte), b. Acenaftileno (AcNti), c. Antraceno (Ant), d. Benzo(a)antraceno (BAAnt), e. Benzo(a)pireno (BAPir), f. Benzo(b)fluoranteno (BBFl), g. Bifenilo (Bfe), h. Benzo(g)pireno (BGPir), i. Benzo(k)fluoranteno (BKFl), j. Criseno (Cri).	59
Figura 2.22. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, ERL y valores reportados por la EPA. a. Dibenzotiofeno (DBZ), b. Dibenzo(ah)antraceno (BAHAn), c. Fluoreno (Fl), d. Fluoranteno (Flte), e. Fenantreno (FNan), f. Naftaleno (Naf), g. Pireno (Pir), h. 1-metilnaftaleno (1MNaf), i. 2-metilnaftaleno (2MNaf), j. 2.6-dimetilnaftaleno (2.6DMNaf).	60

Figura 2.23. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, ERL, límites reportados por la EPA u otros autores. a. 2.3.5-trimetilnaftaleno (2.3.5TMNaf), b. 1-metilfenantreno (1MFNaf), c. hidrocarburos aromáticos totales (PAHs), d. Níquel (Ni), e. Plomo (Pb), f. Cadmio (Cd). 61

Figura 2.24. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos del Cinturón Plegado Perdido (CPP) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, y ERL. a. Acenafteno (AcNte), b. Acenaftileno (AcNti), c. Antraceno (Ant), d. Benzo(a)antraceno (BAAnt), e. Benzo(a)pireno (BAPir), f. Benzo(b)fluoranteno (BBFl), g. Bifenilo (Bfe), h. Benzo(g)pireno (BGPir), i. Benzo(k)fluoranteno (BKFl), j. Criseno (Cri). 63

Figura 2.25. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos del Cinturón Plegado Perdido (CPP) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, ERL y valores reportados por la EPA. a. Dibenzotiofeno (DBZ), b. Dibenzo(ah)antraceno (BAHAN), c. Fluoreno (Fl), d. Fluoranteno (Flte), e. Fenantreno (FNaf), f. Naftaleno (Naf), g. Pireno (Pir), h. 1-metilnaftaleno (1MNaf), i. 2-metilnaftaleno (2MNaf), j. 2.6-dimetilnaftaleno (2.6DMNaf). 65

Figura 2.26. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos del Cinturón Plegado Perdido (CPP) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, ERL, límites reportados por la EPA u otros autores. a. 2.3.5-trimetilnaftaleno (2.3.5TMNaf), b. 1-metilfenantreno (1MFNaf), c. hidrocarburos aromáticos totales (PAHs), d. Níquel (Ni), e. Plomo (Pb), f. Cadmio (Cd). 66

Figura 2.27. Índice de riesgo ecológico (RI) calculado a partir de las concentraciones de Ni, Cd y Pb, medidos a partir de los sedimentos colectados durante los cruceros Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). 67

Figura 2.28. Diferencias en la estructura del hábitat entre los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP). a. Análisis de ordenación nMDS, b. Análisis de coordenadas principales (PCO). 68

Figura 3.1. Riqueza de especies capturadas en los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GIV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). a. Riqueza de especies, b. Riqueza especies observada y estimada c, d. Riqueza de especie de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) observada en los crucero GIV y GV, e, f. Riqueza de especies del Cinturón Plegado Perdido (CPP) observada en los cruceros PII y PIII. 89

Figura 3.2. Curvas de acumulación de especies de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán, se presentan los métodos no paramétricos de Chao1, Jacknife 1 y el método de ajuste asintótico de riqueza de especies de Michaelis-Menten (MM). a, cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), b. crucero oceanográfico Gomex V (GV). 90

Figura 3.3. Curvas de acumulación de especies del Cinturón Plegado Perdido (CPP), se presentan los métodos no paramétricos de Chao1, Jacknife 1 y el método de ajuste asintótico

de riqueza de especies de Michaelis-Menten (MM). a, crucero oceanográfico Perdido II (PII), y crucero oceanográfico Perdido III (PIII).	90
Figura 3.4. Rango de distribución de las especies capturadas en los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).	91
Figura 3.5. Especies con contribuciones mayores al 1% de la abundancia (a) y biomasa (b) relativa, capturadas durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).	92
Figura 3.6. Abundancia de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY), capturada en el crucero Gomex IV (GIV). Los valores están en 10^3 ind km^{-2} , exceptuando las figuras e y f que se encuentran en 10^2 ind km^{-2} . a. Abundancia total, b. Abundancia de crustáceos, c. Abundancia de moluscos, d. Abundancia de equinodermos, e. Abundancia de poríferos, f. Abundancia de cnidarios, g. Abundancia de briozoos, h. Abundancia de anélidos, i. Abundancia de otros.....	94
Figura 3.7. Abundancia relativa de las 13 especies megabentónicas con contribuciones mayores al 1%, capturadas en el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV).	95
Figura 3.8. Análisis de clasificación cluster (a) y ordenación nMDS (b), calculados a partir de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex IV (GIV); se presentan los grupos aportados por la prueba de perfiles de similitud SIMPROF.....	97
Figura 3.9. Distribución regional y abundancia de <i>Schizoporella</i> sp en el margen externo de la Plataforma Continental de Yucatán (MEPY).	98
Figura 3.10. Abundancia de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) evaluada en el crucero Gomex V (GV), las unidades de los valores son 10^3 ind km^{-2} , exceptuando las figuras e-h que se encuentran en 10^2 ind km^{-2} . a. Abundancia total, b. Abundancia de crustáceos, c. Abundancia de moluscos, d. Abundancia de equinodermos, e. Abundancia de poríferos, f. Abundancia de cnidarios, g. Abundancia de briozoos y h. Abundancia de anélidos.	101
Figura 3.11. Abundancia relativa de las especies megabentónicas con contribuciones superiores al 1%, capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV).....	102
Figura 3.12. Análisis de clasificación cluster (a) y de ordenación nMDS (b); realizados con el total de especies capturadas durante el crucero Gomex V (GV); se presentan los grupos aportados por la prueba de perfiles de similitud SIMPROF.....	103
Figura 3.13. Prueba LINKTREE realizada a partir de la abundancia de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex V (GV).	105
Figura 3.14. Biomasa de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) evaluada durante el crucero Gomex IV (GIV), las unidades de los valores son kg AFDW km^{-2} ; a. Biomasa total, b. Biomasa de crustáceos, c. Biomasa de moluscos, d. Biomasa de equinodermos, e. Biomasa de poríferos, f. Biomasa de cnidarios, g. Biomasa de briozoos, h. Biomasa de anélidos, i. Biomasa de otros.....	108
Figura 3.15. Biomasa relativa de las especies con contribuciones mayores al 1%, capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV).	109

Figura 3.16. Análisis de clasificación cluster (a) y ordenación nMDS (b) calculados a partir de los valores de biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex IV (GIV); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF.	110
Figura 3.17. Biomasa de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) evaluada durante el crucero Gomex V (GV), los valores están en unidades de kg AFDW km ⁻² ; a. Biomasa total, b. Biomasa de crustáceos, c. Biomasa de moluscos, d. Biomasa de equinodermos, e. Biomasa de poríferos, f. Biomasa de cnidarios, g. Biomasa de briozoos, h. Biomasa de anélidos.	113
Figura 3.18. Biomasa relativa de las especies con contribuciones superiores al 1%, capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV).....	114
Figura 3.19. Análisis de clasificación cluster (a) y ordenación nMDS (b), realizados a partir de los valores de biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex V (GV); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF.	115
Figura 3.20. Prueba LINKTREE realizada a partir de la biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex V (GV).....	117
Figura 3.21. Análisis de clasificación cluster y de ordenación nMDS, realizados a partir de los valores de abundancia (a, b) y biomasa (c, d) de la megafauna bentónica evaluada durante los cruceros Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV).	120
Figura 3.22. Abundancia de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII). a. Abundancia Total, b. Abundancia de crustáceos, c. Abundancia de equinodermos, d. Abundancia de moluscos, e. Abundancia de cnidarios, f. Abundancia de poríferos. Todas las unidades están en 10 ³ ind km ⁻²	122
Figura 3.23. Abundancia relativa de las especies con contribuciones mayores al 1%, capturadas durante el crucero Perdido II (PII).....	124
Figura 3.24. Análisis de clasificación cluster (a), b. Análisis de ordenación nMDS de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF.	125
Figura 3.25. Abundancia de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII). a. Abundancia Total, b. Abundancia de crustáceos, c. Abundancia de equinodermos, d. Abundancia de moluscos, e. Abundancia de cnidarios. Todas las unidades están en 10 ³ ind km ⁻²	128
Figura 3.26. Abundancia relativa de las especies con contribuciones mayores o iguales al 1%, capturadas durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII).	129
Figura 3.27. Análisis de clasificación cluster (a) y ordenación nMDS (b), obtenidos a partir de la megafauna bentónica capturada durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF. ...	130
Figura 3.28. Prueba LINKTREE realizada a partir de la abundancia de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII).....	132

Figura 3.29. Prueba LINKTREE realizada a partir de la abundancia de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII).....	133
Figura 3.30. Biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII). a. Biomasa Total, b. Biomasa de crustáceos, c. Biomasa de equinodermos, d. Biomasa de moluscos, e. Biomasa de cnidarios, f. Biomasa de poríferos. Todas las unidades están en kg AFDW km ⁻²	135
Figura 3.31. Valores de biomasa relativa de las especies con contribuciones mayores al 1%, capturadas durante el crucero Perdido II (PII).....	137
Figura 3.32. Análisis de clasificación cluster (a) y ordenación nMDS (b), realizados a partir de los valores de biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF.....	137
Figura 3.33. Biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII). a. Biomasa Total, b. Biomasa de crustáceos, c. Biomasa de equinodermos, d. Biomasa de moluscos, e. Biomasa de cnidarios. Todas las unidades están en kg AFDW km ⁻²	139
Figura 3.34. Valores de biomasa relativa de las especies con contribuciones mayores al 1%, capturadas durante el crucero Perdido III (PIII).....	141
Figura 3.35. Análisis de clasificación cluster (a) y de ordenación nMDS (b), realizados a partir de los valores de biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF.....	142
Figura 3.36. Prueba LINKTREE realizada a partir de la biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII).....	143
Figura 3.37. Prueba LINKTREE realizada a partir de la biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII).....	144
Figura 3.38. Análisis de clasificación cluster y de ordenación nMDS, realizados a partir de los valores de abundancia (a, c) y biomasa (b, d) de la megafauna bentónica evaluada durante los cruceros Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).....	146
Figura 4.1. Curvas ABC de las estaciones A3-I43 de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), evaluados durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.....	229
Figura 4.2. Curvas ABC de las estaciones L59-P80 de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), evaluados durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.....	230
Figura 4.3. Curvas ABC de las estaciones A3-I43 de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), evaluados durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.....	232
Figura 4.4. Curvas ABC de las estaciones L59-P80 de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), evaluados durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.....	233

Figura 4.5. Curvas ABC calculadas a partir de los valores de abundancia y biomasa de la megafauna bentónica presente en el CPP, evaluada durante el crucero Perdido II (PII). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.	234
Figura 4.6. Curvas ABC calculadas a partir de los valores de abundancia y biomasa de la megafauna bentónica presente en el CPP, evaluada durante el crucero Perdido III (PIII). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.	236
Figura 4.7. Índices ecológicos de diversidad local de la megafauna bentónica de los MEPY evaluada en el crucero Gomex IV (GIV). Riqueza de especies (S), b. Número de especies estimadas por rarefacción (Esn), c. Diversidad de Shannon-Wiener (H'), d. Diversidad máxima (H _{max}), e. Diversidad biomasa (Hb'), f. Equitabilidad (J'), g. Dominancia (λ)...	238
Figura 4.8. Índices ecológicos de diversidad local de la megafauna bentónica de los MEPY evaluada durante el crucero Gomex V (GV). a. Riqueza de especies (S), b. Número de especies estimadas por rarefacción (Esn), c. Diversidad de Shannon-Wiener (H'), d. Diversidad máxima (H _{max}), e. Diversidad biomasa (Hb'), f. Equitabilidad (J'), g. Dominancia (λ).....	241
Figura 4.9. Índices de diversidad alfa de la comunidad megabentónica del Cinturón Plegado Perdido evaluada durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII), a. Riqueza de especies (S), b. Número de especies estimadas por rarefacción (Esn), c. Diversidad de Shannon-Wiener (H'), d. Diversidad máxima (H _{max}), e. Diversidad biomasa (Hb'), f. Equitabilidad (J'), g. Dominancia (λ).	243
Figura 4.10. Índices de diversidad alfa de la comunidad megabentónica del Cinturón Plegado Perdido evaluada durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII). a. Riqueza de especies (S), b. Número de especies estimadas por rarefacción (Esn), c. Diversidad de Shannon-Wiener (H'), d. Diversidad máxima (H _{max}), e. Diversidad biomasa (Hb'), f. Equitabilidad (J'), g. Dominancia (λ).	244
Figura 4.11. Medidas de diversidad beta calculada a partir de los valores de composición, abundancia y biomasa de la fauna capturada en el crucero Gomex IV (GIV). a, nMDS obtenido a partir de la matriz de disimilitud de Sorensen. b, contribuciones locales a la beta diversidad en términos de abundancia (LCBDa), c. Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de biomasa (LCBDb).	247
Figura 4.12. Medidas de diversidad beta calculada a partir de los valores de composición, abundancia y biomasa de la fauna capturada en el crucero Gomex V (GV). a, nMDS obtenido a partir de la matriz de disimilitud de Sorensen. b, Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de abundancia (LCBDa), c. Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de biomasa (LCBDb).....	249
Figura 4.13. Medidas de diversidad beta calculada a partir de los valores de composición, abundancia y biomasa de la fauna capturada en el crucero Perdido II (PII). a, nMDS obtenido a partir de la matriz de disimilitud de Sorensen. b, Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de abundancia (LCBDa), c. Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de biomasa (LCBDb).....	252
Figura 4.14. Medidas de diversidad beta calculada a partir de los valores de composición, abundancia y biomasa de la fauna capturada en el crucero Perdido III (PIII). a, nMDS obtenido a partir de la matriz de disimilitud de Sorensen. b, Contribuciones locales a la beta	

diversidad en términos de abundancia (LCBDa), c. Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de biomasa (LCBDb).	253
Figura 4.15. Análisis de correlación de Spearman entre las variables ambientales y los índices de diversidad local calculados a partir de los valores de abundancia y biomasa (Hb') de la fauna capturada durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV).	255
Figura 4.16. Análisis de correlación de Spearman entre las variables ambientales y los índices ecológicos de las evaluaciones realizadas durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).	256
Figura 5.1. Distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$) y variación de la distintividad taxonómica promedio ($\Lambda+$), evaluadas durante los cruceros Gomex IV (a-b) y Gomex V (c-d), en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY).	300
Figura 5.2. Distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$) y variación de la distintividad taxonómica promedio ($\Lambda+$), evaluadas durante los cruceros Perdido II (a-b) y Perdido III (c-d), en el Cinturón Plegado Perdido (CPP).	302
Figura 5.3. Distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$) y variación de la distintividad taxonómica promedio ($\Lambda+$), de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán y el cinturón Plegado Perdido (CPP), evaluados durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).	303
Figura 5.4. Análisis de correlación de Spearman entre índices de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$ y $\Lambda+$) y variables ambientales del crucero oceanográfico Gomex V (GV). Se presentan las relaciones con valores de rho superiores a 0.5.	304
Figura 5.5. Análisis de correlación de Spearman entre los índices de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$ y $\Lambda+$) y variables ambientales de los cruceros oceanográficos Perdido II (PII, a) y Perdido III (PIII, b) Se presentan las relaciones con valores de rho superiores a 0.5.	304
Figura 5.6. Abundancia de especies por modalidad. Se presentan los valores registrados de la megafauna capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) durante el crucero Gomex GIV (GIV, a) y Gomex V (GV, b).	305
Figura 5.7. Abundancia relativa de modalidades al interior de cada rasgo funcional asignados para la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). a. Nivel trófico, b. Locomoción, c. Hábitat, d. Posición, e. Volumen, f. Tamaño, g. Longevidad, h. Flexibilidad, i. Protección. Los códigos de cada modalidad se encuentran en la Tabla 5.1.	308
Figura 5.8. Abundancia relativa de modalidades al interior de cada rasgo funcional asignados para la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). a. Nivel trófico, b. Locomoción, c. Hábitat, d. Posición, e. Volumen, f. Tamaño, g. Longevidad, h. Flexibilidad, i. Protección. Los códigos de cada modalidad se encuentran en la Tabla 5.1.	309
Figura 5.9. Diversidad y redundancia funcional promedio calculadas en términos de abundancia (azul) y biomasa (verde) para la megafauna capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV), a. Valores de diversidad funcional promedio, b. Valores de redundancia funcional.	310

Figura 5.10. Análisis de coordenadas principales realizado a partir de la matriz de rasgos ponderados de la fauna capturada durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). Análisis realizado a partir de la abundancia (a), análisis realizado con los valores de biomasa (b).	311
Figura 5.11. Diversidad y redundancia funcional promedio calculadas en términos de abundancia (azul) y biomasa (verde) para la megafauna capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV), a. Valores de diversidad funcional promedio, b. Valores de redundancia funcional.	312
Figura 5.12. Análisis de coordenadas principales realizado a partir de la matriz de rasgos ponderados de la fauna capturada durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). Análisis realizado a partir de la abundancia (a), análisis realizado con los valores de biomasa (b).	313
Figura 5.13. Relación entre la diversidad funcional y la diversidad local de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV), a. Relación en términos de abundancia, b. Relación en términos de biomasa.	313
Figura 5.14. Relación entre la diversidad funcional y la diversidad local de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Gomex V (GV), a. Relación en términos de abundancia, b. Relación en términos de biomasa.	313
Figura 5.15. Abundancia de especies por modalidad. Se presentan los valores registrados de la megafauna capturada en el Cinturón Plegado Perdido (CPP) durante el crucero Perdido II (PII, a) y Perdido III (PIII, b).	314
Figura 5.16. Abundancia relativa de modalidades al interior de cada rasgo funcional asignados para la megafauna bentónica capturada en el Cinturón plegado Perdido (CPP), durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII). a. Nivel trófico, b. Locomoción, c. Hábitat, d. Posición, e. Volumen, f. Tamaño, g. Longevidad, h. Flexibilidad, i. Protección. Los códigos de cada modalidad se encuentran en la tabla 5.1.	315
Figura 5.17. Abundancia relativa de modalidades al interior de cada rasgo funcional asignados para la megafauna bentónica capturada en el Cinturón plegado Perdido (CPP), durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII). a. Nivel trófico, b. Locomoción, c. Hábitat, d. Posición, e. Volumen, f. Tamaño, g. Longevidad, h. Flexibilidad, i. Protección. Los códigos de cada modalidad se encuentran en la Tabla 5.1.	316
Figura 5.18. Diversidad y redundancia funcional promedio calculadas en términos de abundancia (azul) y biomasa (verde) para la megafauna capturada en Cinturón Plegado Perdido (CPP) durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII), a. Valores de diversidad funcional promedio, b. Valores de redundancia funcional.	318
Figura 5.19. Análisis de coordenadas principales realizado a partir de la matriz de rasgos ponderados de la fauna capturada durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII). Análisis realizado a partir de la abundancia (a), análisis realizado con los valores de biomasa (b).	319
Figura 5.20. Diversidad y redundancia funcional promedio calculadas en términos de abundancia (azul) y biomasa (verde) para la megafauna capturada en Cinturón Plegado Perdido (CPP) durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII), a. Valores de diversidad funcional promedio, b. Valores de redundancia funcional.	320

Figura 5.21. Análisis de coordenadas principales realizado a partir de la matriz de rasgos ponderados de la fauna capturada durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII). Análisis realizado a partir de la abundancia (a), análisis realizado con los valores de biomasa (b). El factor RB se refiere a rango batimétrico.	321
Figura 5.22. Relación entre la diversidad funcional y la diversidad local de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Perdido II (PII), a. Relación en términos de abundancia, b. Relación en términos de biomasa.	321
Figura 5.23. Relación entre la diversidad funcional y la diversidad local de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Perdido III (PIII), a. Relación en términos de abundancia, b. Relación en términos de biomasa.	322
Figura 5.24. Análisis de correlación de Spearman entre índices de diversidad funcional promedio y redundancia funcional (FDav y RD) y las variables ambientales calculados a partir de los valores de abundancia (a), y biomasa (b), de la megafauna capturada durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). Se presentan únicamente las relaciones con valores de rho mayores a 0.5.	322
Figura 5.25. Análisis de correlación de Spearman entre índices de diversidad funcional promedio y redundancia funcional (FDav y RD) y las variables ambientales calculados a partir de los valores de abundancia (a), y biomasa (b), de la megafauna capturada durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII). Se presentan únicamente las relaciones con valores de rho mayores a 0.5.	324
Figura 5.26. Análisis de correlación de Spearman entre índices de diversidad funcional promedio y redundancia funcional (FDav y RD) y las variables ambientales calculados a partir de los valores de abundancia (a), y biomasa (b), de la megafauna capturada durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII). Se presentan únicamente las relaciones con valores de rho mayores a 0.5.	324
Figura 6.1. Análisis de componentes principales realizado con el total de estaciones evaluadas durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido (PIII).	346
Figura 6.2. Abundancia de especies de acuerdo con los grupos ecológicos del índice AMBI. Se presentan por crucero oceanográfico: Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).	347
Figura 6.3. Distribución regional de especies discriminadas de acuerdo con los grupos ecológicos contemplados en el índice AMBI. a, especies capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). b, especies capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex GV (GV).	348
Figura 6.4. Valores de los índices AMBI y BAMBI calculados en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV). a, valores del índice AMBI. b, valores calculados del índice BAMBI. ..	348
Figura 6.5. Valores de los índices M-AMBI y M-BAMBI de las comunidades distribuidas en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY). a. valores calculados del índice M-AMBI. b, valores calculados del índice M-BAMBI.	349

Figura 6.6. Distribución regional de especies discriminadas de acuerdo con los grupos ecológicos contemplados en el índice AMBI. a, especies capturadas durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII). b, especies capturadas durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII).....	350
Figura 6.7. Valores del índice AMBI y BAMBI calculados en el Cinturón Plegado Perdido (CPP) durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII), a. Valores del índice AMBI, b. Valores del índice BAMBI.....	350
Figura 6.8. Valores de los índices M-AMBI y M-BAMBI de las comunidades distribuidas en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), a. Valores calculados del índice M-AMBI, b. Valores calculados del índice M-BAMBI.....	351
Figura 6.9. Biomasa relativa de los tipos de especies discriminadas por el índice BESITO que fueron capturadas en las campañas oceanográficas Gomex IV (GIV, a) y Gomex V (GV, b); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por Gonzalez-Irusta et al. (2018) y las categorías asignadas en el presente estudio. Especies insensibles (tipo I), especies tolerantes (tipo II), especies poco sensibles (tipo III), especies sensibles (tipo IV) especies muy sensibles (tipo V).....	352
Figura 6.10. Sensibilidad de las comunidades presentes en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), discriminadas con el índice TDI.BESITO. a. Crucero Gomex IV (GIV), b. Crucero Gomex GV (GV); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por Gonzalez-Irusta et al. (2018) y las categorías asignadas en el presente estudio. Especies insensibles (tipo I), especies tolerantes (tipo II), especies poco sensibles (tipo III), especies sensibles (tipo IV) especies muy sensibles (tipo V).....	352
Figura 6.11. Sensibilidad de las comunidades presentes en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), discriminadas de acuerdo con el índice TDI.BESITO-AMBI (TDI.BEAM). a. Crucero Gomex IV (GIV), b. Crucero Gomex GV (GV); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por Gonzalez-Irusta et al. (2018) y orden inverso de Borja et al (2000) asignadas en el presente estudio. I: comunidades insensibles al arrastre y oportunistas de primer orden, II: especies tolerantes al arrastre y oportunistas de segundo orden, III: especies poco sensibles al arrastre y tolerantes ante disturbios, IV: especies sensibles al arrastre e indiferentes a disturbios fisicoquímicos y V: especies muy sensibles ante los dos tipos de disturbio.	353
Figura 6.12. Resiliencia debida al arrastre de las comunidades megabentónicas presentes en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), discriminadas de acuerdo con el índice RTI. a. Crucero Gomex IV (GIV), b. Crucero Gomex GV (GV).....	354
Figura 6.13. Abundancia relativa de los tipos de especies discriminadas por el índice BESITO que fueron capturadas en las campañas oceanográficas Perdido II (PII, a) y Perdido III (PIII b); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por Gonzalez-Irusta et al. (2018) y las categorías asignadas en el presente estudio. Especies insensibles (tipo I), especies tolerantes (tipo II), especies poco sensibles (tipo III), especies sensibles (tipo IV) especies muy sensibles (tipo V).....	355
Figura 6.14. Sensibilidad de las comunidades presentes en el Cinturón Plegado Perdido (CCP), discriminadas de acuerdo con el índice TDI.BESITO. a. Crucero Perdido II (PII), b. Crucero Perdido III (PIII); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por	

Gonzalez-Irusta et al. (2018) y las categorías asignadas en el presente estudio. Especies insensibles (tipo I), especies tolerantes (tipo II), especies poco sensibles (tipo III), especies sensibles (tipo IV) especies muy sensibles (tipo V).....	355
Figura 6.15. Sensibilidad de las comunidades presentes en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), discriminadas de acuerdo con el índice TDI.BESITO-AMBI (TDI.BEAM). a. Crucero Perdido II (PII), b. Crucero Perdido III (PIII); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por Gonzalez-Irusta et al. (2018) y orden inverso de Borja et al (2000) asignadas en el presente estudio. I: comunidades insensibles al arrastre y oportunistas de primer orden, II: especies tolerantes al arrastre y oportunistas de segundo orden, III: especies poco sensibles al arrastre y tolerantes ante disturbios, IV: especies sensibles al arrastre e indiferentes a disturbios fisicoquímicos y V: especies muy sensibles ante los dos tipos de disturbio.....	356
Figura 6.16. Resiliencia debida al arrastre de las comunidades megabentónicas presentes en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), discriminadas de acuerdo con el índice RTI. a. Crucero Perdido II (PII), b. Crucero Perdido III (PIII).	356
Figura 6.17. Análisis de correspondencia canónica realizado a partir de los atributos comunitarios básicos y las variables ambientales evaluadas en los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido (PIII). a-b. Componentes uno-dos y uno-tres en términos de abundancia, c-d. Componentes uno-dos y uno-tres en términos de biomasa.	359
Figura 6.18. Análisis de correlación de Spearman entre los índices bióticos y las variables ambientales, la información corresponde al crucero Gomex V (GV). a. Índices AMBI y BAMBI, b. Índices M-AMBI y M-BAMBI.	360
Figura 6.19. Análisis de correlación de Spearman entre los índices AMBI y BAMBI y las variables ambientales medidas durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII), a. Crucero oceanográfico PII, b. Crucero oceanográfico PIII.	362
Figura 6.20. Análisis de correlación de Spearman realizado con los valores calculados del índice M-AMBI para la fauna evaluada durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII), Perdido III (PIII), a. Crucero oceanográfico PII, b. Crucero oceanográfico PIII.	362
Figura 6.21. Análisis de correlación de Spearman entre los índices de sensibilidad y resiliencia TDI.BESITO, TDI.BEAM y RTI y las variables ambientales. a. crucero Gomex V (GV), b. Crucero oceanográfico Perdido II (PII).....	363
Figura 9.1. Valores relativos de abundancia y biomasa relativa de la fauna megabentónica capturada durante los cruceros oceanográficos comprendidos en la presente evaluación. Gomex IV (GIV). Gomex V (GV). Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). a. Abundancia relativa. b. Biomasa relativa.	482
Figura 9.3. Valores de abundancia y biomasa relativa de la fauna megabentónica presente en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY). a. Abundancia relativa GIV. b. Biomasa relativa GIV. c. Abundancia relativa GV. d. Biomasa relativa GV.	482
Figura 9.4. Especies capturadas durante el crucero Gomex IV (GIV) que presentaron una distribución regional mayor al 12.5%.	490

Figura 9.5. Conjunto de especies responsables del 90% de la abundancia total de la megafauna bentónica evaluada durante el crucero Gomex IV (GIV).	491
Figura 9.6. Conjunto de Especies responsables del 90% de la abundancia total de la megafauna bentónica evaluada durante el crucero Gomex V (GV).	492
Figura 9.7. Especies capturadas durante el Crucero Gomex V (GV) que presentaron una distribución regional mayor al 12.5%.	501
Figura 9.8. Biomasa relativa de las Especies que representaron el 90% de la biomasa del total capturado durante el crucero GIV.	506
Figura 9.9. Biomasa relativa de las Especies capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV) que contribuyeron con el 90% de la biomasa total.	515
Figura 9.10. Especies capturadas durante el Crucero Perdido II que presentaron una distribución regional mayor al 30%.	517
Figura 9.11. Especies capturadas durante el Crucero Perdido III (PIII) que presentaron una distribución regional mayor al 22%.	519
Figura 9.12. Cambio de volumen promedio entre las evaluaciones Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). Los valores positivos indican el crecimiento entre evaluaciones y los negativos indican presencia de juveniles o reclutas entre evaluaciones.	520

Resumen

Los atributos comunitarios son el conjunto de características estructurales y funcionales que permiten definir comunidades espacial y temporalmente. Dichos atributos se evaluaron en comunidades megabentónicas capturadas en maniobras con redes de arrastre de fondo, realizadas en los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII), llevados a cabo en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP), durante noviembre de 2015 a junio de 2017; donde fueron evaluadas ambientales de fondo y las características químicas y texturales del sedimento. En los MEPY las variables oceanográficas de fondo, tipo de sedimentos e hidrocarburos fueron los principales gradientes ambientales; mientras que en el CPP lo fueron las variables oceanográficas de fondo, el contenido de carbono, hidrocarburos y metales almacenados en sus sedimentos terrígenos. Fueron capturados 174,811 individuos y 273,693 kg AFDW (peso seco libre de cenizas en su acrónimo en inglés), distribuidos en 459 especies. El 82% de los organismos se capturaron en los MEPY, donde los grupos más importantes fueron crustáceos, moluscos y poríferos, mientras que en el CPP lo fueron los crustáceos y equinodermos. *Periclimenes iridescens* y *Astropecten cingulatus* fueron las especies más abundantes ($104.5 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 136.3 \cdot 10^3$), mientras que *Callinectes sapidus* y *Panulirus argus* exhibieron los valores más altos de biomasa ($137.6 \leq \text{kg AFDW km}^{-2} \leq 209.1$). Los MEPY no exhibieron gradientes asociados con la distribución espacial ni la profundidad, mientras que el gradiente batimétrico fue determinante en la fauna del CPP. Los valores de diversidad local de los MEPY fueron mayores a los del CPP ($2.88 \leq \text{bits ind}^{-1} \leq 5.31 \text{ bits ind}^{-1}$, $0.35 \leq \text{bits ind}^{-1} \leq 3.69$), esta última área presentó mayor diversidad beta que los MEPY (0.86 y 0.85 respectivamente); siendo este un patrón típico de ambientes con distribuciones agregadas. Los MEPY presentaron mayor estabilidad, diversidad regional y funcional que el CPP ($\Delta^+ - \Delta^- = 86.76 - 430.40$ y $Q = 0.43 \pm 0.23$; $\Delta^+ - \Delta^- = 90.02 - 250.53$ y $Q = 0.48 \pm 0.20$, respectivamente); patrón atribuido a una mayor influencia de las actividades económicas sobre la fauna del CPP, favoreciendo menor sensibilidad y mayor resiliencia ante actividades de arrastre evidenciado en los índices TDI, BESITO y RTI. Los índices BAMBI y M-BAMBI indicaron de manera preliminar altas condiciones ambientales y ausencia de disturbios. Se recomienda adelantar programas de protección en los MEPY y programas de monitoreo en el CPP, a fin de mantener y mejorar las condiciones de las áreas evaluadas.

Abstract

Community attributes are a set of structural and functional characteristics that allow the spatial and temporal definition of communities. These attributes were evaluated from samples of megabenthic fauna that were captured with commercial nets, in bottom trawling maneuvers that were carried out from November 2015 to June 2017, on the oceanographic cruises: Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII), and Perdido III (PIII), in the outer margins of the Yucatan platform (YCS) and the Lost Folded Belt (LFB). Additionally, bottom environmental variables and chemical and texture characteristics of the sediment were measured. In the YCS, bottom oceanographic variables, type of sediment, and low hydrocarbon concentrations, were the main environmental gradients. Bottom oceanographic variables, carbon and hydrocarbon content, and stored metal in terrigenous sediments, were the main variables of the LFB. 174,811 individuals and 273,693 kg AFDW (ash-free dry weight in English) were caught, distributed in 459 species. 82% of the organisms were captured in the YCS, where the most important groups were crustaceans, mollusks, and sponges, while in the LFB they were the crustaceans and echinoderms. *Periclimenes iridescens* and *Astropecten cingulatus* were the most abundant species ($104.5 \times 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 136.3 \times 10^3$), and *Callinectes sapidus* and *Panulirus argus* contributed the most to biomass ($137.6 \leq \text{kg AFDW km}^{-2} \leq 209.1$). The YCS did not exhibit gradients associated to spatial distribution or depth, while the bathymetric gradient was determining in the fauna of the LFB. Local diversity values of the YCS were higher than the values of the LFB ($2.88 \leq \text{bits ind}^{-1} \leq 5.31 \text{ bits ind}^{-1}$, $0.35 \leq \text{bits ind}^{-1} \leq 3.69$), beta diversity values were higher in the LFB than in the YCS (0.86 and 0.85, respectively); this is a typical pattern of environments with aggregated distributions. The YCS presented higher stability, regional and functional diversity ($\Delta^+ - \Delta^+ = 90.02 - 250.53$ and $Q = 0.48 \pm 0.20$) than the recorded in the LFB ($\Delta^+ - \Delta^+ = 86.76 - 430.40$ and $Q = 0.43 \pm 0.23$); a pattern that is attributed to a greater influence of economic activity on the fauna of the LFB, which favors a lower sensitivity and greater resilience to towing activities. BAMBI and M-BAMBI indexes preliminarily indicated high environmental conditions and an absence of disturbances. Fauna protection programs in the YCS and monitoring programs in the LFB are recommended to maintain and improve the conditions that were evidenced in this investigation.

Organización de la tesis

El presente estudio comprende seis capítulos en los cuales son evaluados diversos aspectos de las comunidades megabentónicas distribuidas en los MEPY y el CPP; cabe aclarar que en cada capítulo que contempló la evaluación de los atributos comunitarios de la megafauna bentónica, fueron exploradas las relaciones entre dichos atributos y las variables ambientales medidas en campo y laboratorio.

El capítulo I comprende todos los apartados introductorios, contemplando la introducción, justificación del trabajo, las preguntas de investigación, hipótesis, objetivos, finalizando los materiales métodos generales.

En el capítulo II se evaluó la estructura del hábitat de las dos áreas de estudio a partir de las variables oceanográficas de fondo, el sedimento presente en el área y las concentraciones de hidrocarburos y metales en dichos sedimentos.

El capítulo III está enfocado de la estructura de las comunidades megabentónicas en términos de abundancia y biomasa, así como las variables que más influyen dichas atributos comunitarios por estación.

El capítulo IV aborda los patrones de la comunidad exhibidos a través de las curvas ABC, la diversidad local y diversidad beta en términos de abundancia, biomasa y composición.

El capítulo V comprende la evaluación de la distintividad taxonómica de las comunidades evaluadas, así como los valores de referencia de diversidad gamma a partir de las medidas de distintividad taxonómica promedio y la variación de dicha medida. En este capítulo se presenta la evaluación de la diversidad funcional a nivel de modalidades y son aportados los valores de referencia de diversidad y redundancia funcionales para las áreas evaluadas.

En el capítulo VI se evaluó la presencia de disturbios a través de los índices AMBI, BAMBI, M-AMBI y M-BAMBI de los MEPY y el CPP. También fue evaluada la sensibilidad de la megafauna bentónica a través de los índices de sensibilidad BESITO y redefiniciones del índice TDI al usar la información aportada por los índices BESITO y AMBI (TDI.BESITO

y TDI.BEAM) y es aportada una medida de resiliencia a través de la definición del índice de resiliencia debida a las actividades de arrastre (RTI).

La parte final del presente estudio aporta una conclusión global del presente estudio y luego de las referencias, son incorporados los anexos.

Códigos asignados a las variables ambientales

Variable	Código	Variable	Código
Longitud	Lon	Fitano	Fit
Latitud	Lat	Naftaleno	Naf
Profundidad	Z	1-metilnaftaleno	1MNaf
Temperatura	°C	2-metilnaftaleno	2MNaf
Salinidad	S	Bifenilo	Bfe
Oxígeno disuelto	OD	2.6-dimetilnaftaleno	2.6DMNaf
Clorofila	Chla	Acenafteno	AcNte
Densidad	SigmaT	Acenaftileno	AcNti
Vanadio	V	2.3.5-timetilnaftaleno	2.3.5TMNaf
Niquel	Ni	Fluoreno	Fl
Cadmio	Cd	Dibenzotiofeno	DBZ
Plomo	Pb	Fenantreno	FNan
Aluminio	Al	Antraceno	Ant
Tamaño medio de grano	Mz	1-metilfenantreno	1.MFNan
Mediana	Md	Fluoranteno	Flte
Clasificación grafica	σ_1	Pireno	Pir
Asimetría grafica	Skewness	Criseno	Cri
Curtosis grafica	Kurtosis	Benzo(a)antraceno	BAAnt
Gravas	Gravel	Benzo(b)fluoranteno	BBFl
Arenas	Sand	Benzo(k)fluoranteno	BKFl
Limos	Silt	Benzo(e)pireno	BEPir
Arenas gruesas	Coarse.Sand	Benzo(a)pireno	BAPir
Arenas medias	Medium.Sand	Perileno	Per
Limos gruesos	Coarse.Silt	Indeno-1.2.3 cd pireno	I13CPir
Limos medios	Medium.Silt	Dibenzo(ah)antraceno	DAHAn
Carbono orgánico	Or.Car	Benzo(g)pireno	BGPir
Carbono orgánico total	TOC	Mezcla no resuelta de hidrocarburos	UCM
Materia orgánica	OM	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	PAHs
Pristano	Pri		

1 Introducción

El estudio de comunidades biológicas ha sido uno de los tópicos de investigación más importantes y recurrentes de la ecología, dado que son el resultado de las relaciones intra e interespecíficas de las poblaciones que la componen y la estructura de un hábitat definido al mismo tiempo (Gotelli et al. 2009, Gray & Elliott 2009); por tanto, la interacción entre constituyentes permite determinar la condición de un ecosistema, aportando información que permite su conservación y manejo.

La estructura del hábitat resulta del conjunto de variables ambientales que esté presente, los rangos de valores de dichas variables y su estructura física (Schindler & Scheuerel 2002, Godbold et al. 2011, Sebens 2012); siendo en conjunto el factor que influencia la contribución de las especies al funcionamiento de un ecosistema (Schwinghamer et al. 1991, Godbold et al. 2011, Sebens 2012, Tokeshi & Arakaki 2012, Verdonschot et al. 2012), factor que favorece la importancia relativa de las poblaciones presentes en una comunidad.

Al evaluar una comunidad es importante establecer el conjunto de especies que la conforman (composición), así como sus valores de totales y relativos en términos de abundancia y biomasa, permitiendo identificarla espaciotemporalmente de acuerdo con su componente estable (estructura; Homziak et al. 1982, Bergquist et al. 2003, Kang et al. 2019).

La composición, estructura comunitaria y del hábitat, junto a la presencia o ausencia de disturbios, definen el funcionamiento de un ecosistema; siendo más eficientes las áreas con mayor diversidad (Balvanera et al. 2006), dada la presencia de diferentes rasgos producto del proceso evolutivo (rasgos funcionales), los cuales exhiben diferentes estrategias que favorecen a la coexistencia o competencia de las especies (modalidades, *e.g.* carnívoro, epifaunal), contribuyendo al funcionamiento del ecosistema (Bremner et al. 2006, Darr et al. 2014, Jørgensen et al. 2016).

Las comunidades megafaunales han sido poco documentadas a pesar de tratarse de un grupo heterogéneo de organismos con un rol ecológico importante y ser objeto de un elevado esfuerzo pesquero (Smith & Hamilton 1983, Warwick 1986, Kaufmann et al. 1989, Bluhm et al. 2009, Blanchard et al. 2013). Esto es debido a los retos metodológicos y costos

asociados a su muestreo, haciendo que sus patrones de distribución, variabilidad espacial y temporal sean poco conocidos, a pesar de dominar los ecosistemas bentónicos en términos de biomasa (Smith & Hamilton 1983, Warwick 1986, Bluhm et al. 2009, Blanchard et al. 2013). A su vez, mucha de la información generada acerca de estas comunidades, es producto de evaluaciones de calidad ambiental ejecutadas en áreas marinas con elevado desarrollo industrial (McGuire 2008, Gates & Jones 2012, Pitcher et al. 2015, Roy et al. 2014).

Los estudios de la megafauna bentónica mexicana del GoM están enfocados en crustáceos y equinodermos (García-Montes et al. 1988, Vazquez-Bader 1996, Gracia et al. 2010, Ruiz et al. 2013, Vázquez-Bader & Gracia 2013). A su vez, se han realizado diversos trabajos enfocados en nuevos reportes, estudios de parasitología, revisiones del estado de conocimiento para los ecosistemas marinos mexicanos y patrones de distribución (Ruiz-Zárte et al. 2000, Aguilar-Camacho & Salazar-Vallejo 2010, Bishop & Iliffe 2012), los cuales ha permitido establecer que en la Plataforma Continental de la Península de Yucatán (PCPY) y su margen externo (MEPY) las comunidades bentónicas se encuentran distribuidas en un ambiente rocoso o arenoso, fuertemente influenciado por la surgencia estacional que favorece el desarrollo de comunidades de langostas, pulpos y formaciones coralinas (Christensen 1995, Noyola Regil et al. 2015). A su vez, los ecosistemas costeros y marinos de la PCPY son también influenciados por los aportes de lluvia, viento y la variabilidad de la temperatura (Durán-García et al. 2016).

Sin embargo, a pesar de ser evidente el desarrollo de la industria petrolera y las actividades pesqueras que se realizan en el Golfo, información acerca de los atributos comunitarios más sencillos (composición, abundancia y biomasa), de las comunidades megabentónicas resulta escasa o nula y como se comentó anteriormente se encuentra sesgada a dos taxa; lo cual es preocupante, sobre todo al considerar la capacidad de locomoción y por ende migración de las especies motiles permitiendo el transporte de contaminantes entre áreas (Pires-Vanin 2001, Domínguez et al. 2003, Boudreau & Worm 2012), mientras que las especies sésiles aumentan la complejidad estructural del hábitat y favorecen valores elevados de los atributos comunitarios de la megafauna bentónica (Dunham et al. 2018, Folkers & Rombouts 2020).

Al interior de los trabajos desarrollados con comunidades megabentónicas es importante resaltar resultados como los aportados por Rowe et al. (1974), quienes reportan que el Atlántico presenta ~3 veces más abundancia de organismos y de 3 a 10 veces mayor biomasa que la observada en el GoM; mientras que Rowe & Menzel (1971), establecen que en el pie del talud continental del Atlántico hay cerca de 10 veces más abundancia y biomasa que la observada en la planicie abisal Sigsbee ubicada a 3,900 m de profundidad. Por su parte, Ammons & Daly (2008), reportan que los miembros de la clase Actiniaria del norte del GoM se distribuyen entre los 175 a 3,720 m de profundidad, exhiben mayores valores de producción secundaria en las áreas cercanas al escarpe de la Florida (basados en la abundancia), son representados por cuatro familias, siendo la Hormathiidae es la más diversa (seis especies), mientras que las familias Actinoscyphiidae, Actinostolidae y Halcuriidae son representadas por una especie.

En áreas de emanaciones frías la megafauna bentónica del valle de Atwater Valley, Alamitos Canyon y los pequeños montes submarinos de Campeche está compuesta por poliquetos (*e.g. Escarpia laminata, Protomystides* sp), moluscos (*e.g. Bathymodiolus brooksi, Calyptogena* sp), equinodermos (*e.g. Ophioctenella acies, Sarsiaster griegii*), cangrejos (*Munidopsis* spp) y camarones (*Alvinocaris muricola*) (MacDonald et al. 2004, Cordes et al. 2007, Lessard-Pilon et al. 2010a).

En cuanto a los valores de diversidad, Pequegnat et al. (1990), reportan los valores más altos en las estaciones de profundidades intermedias, con una zonación en seis áreas, que van desde la zona de plataforma y transición (118-475 m) hasta la zona abisal baja ubicada entre 3,250 y 3,850 m. Mientras que Cordes et al. (2007), reportan valores entre 0.02 y 2.11 en zonas con emanaciones de metano.

La megafauna de la zona norte del GoM presenta entre 4 a 6 veces más invertebrados que peces en todas las profundidades, siendo los decápodos los organismos más abundantes y diversos (129 especies; Pequegnat et al. 1990), los cuales debido al proceso de sucesión asociado al cambio de profundidad presentan una disminución en sus valores de abundancia mientras los holotúridos y los ofiuros comienzan a ser más frecuentes y abundantes (Wei et al. 2010).

La densidad de organismos en el GoM es de 324.1 ind km⁻² en el centro, 626.7 ind km⁻² en el oeste y de 946.3 ind km⁻² al este de esta cuenca; mientras que en el perfil batimétrico los valores fluctúan entre 18.5 ind km⁻² a 1,250 m y 1.1 ind km⁻² a 2,000 m km⁻² (Pequegnat et al. 1990). Sin embargo, Haedrich et al. (2008) establecen la necesidad de evaluar individualmente cada grupo taxonómico distribuido entre 175 a 3,720 m de profundidad, ya que responden de manera diferente ante cambios en las variables oceanográficas que determinan la presencia de alimento, hábitat y calidad ambiental.

Debido al derrame de petróleo de la plataforma *Deepwater Horizon* ocurrido en 2010 se incrementó el número de estudios realizados en la zona norte del GoM, los cuales permitieron determinar condiciones del estado de salud de especies de la zona profunda (>200 m) y variaciones en la calidad de los sedimentos del área circundante a dicha plataforma.

Los trabajos de Hsing et al. (2013), Fisher et al. (2014a) y Deleo et al. (2016) aportaron evidencias de la disminución de tejido sano debido a la presencia de hidrocarburos y los dispersantes utilizados para su explotación en los octogonales (*e.g. Callogorgia delta, Leiopathes glaberrim*; Hsing et al. 2013, Fisher et al. 2014, Deleo et al. 2016); a su vez se determinó que los cnidarios son más sensibles ante la presencia de hidrocarburos que los crustáceos (Valentine & Benfield 2013).

Los ecosistemas de praderas, lagunas costeras y formaciones coralinas generan una conectividad estable entre los ambientes terrestres y marinos, favoreciendo la heterogeneidad del hábitat, alimentación y reproducción de moluscos, crustáceos y equinodermos (Durán-García et al. 2016), siendo estos últimos el grupo taxonómico mejor representado en todos los ecosistemas marinos mexicanos (86.2% de las especies reportadas), y en la parte mexicana del GoM (*e.g. Eucidaris tribuloides, Astropyga magnifica*; Solís-Marín et al. 2014b); en dicha área han sido catalogadas nuevas especies del grupo y reportado a la Clase Asteroidea con mayor riqueza de especies, mientras que la menor diversidad es exhibida por la Clase Holothuroidea (Hernández-Díaz et al. 2013, Laguarda-Figueras et al. 2013, Martínez-Melo et al. 2014, Solís-Marín et al. 2014a)

En cuanto a la riqueza de especies, se ha estimado ~2,067 especies moluscos, de las cuales el 93% corresponde a gasterópodos y bivalvos; de estos dos grupos taxonómicos solo el 2.1%

de las especies se explota comercialmente (Castillo-Rodríguez 2014). Los cefalópodos (*e.g. Octopus maya*), presentan un patrón anual de abundancia con picos en verano y otoño, determinados por las densidades de crustáceos en la península (Arreguín-Sánchez 2000).

Escobar-briones & Soto (1997), reportaron a los decápodos y los estomatópodos la fauna dominante de la plataforma continental del estado de Tamaulipas, siendo los cangrejos braquiuros y los camarones peneidos los más importantes; mientras que los bivalvos, gasterópodos y equinodermos son menos abundantes. Los autores reportan valores de biomasa en el rango de 0.001 g C m⁻² a 0.017 g C m⁻² y aclaran que el 47% de la fauna se encuentra distribuida en la parte interna de la plataforma continental en áreas que reciben aportes aguas continentales.

Escobar-Briones et al. (2008), evaluaron la comunidad de crustáceos del margen continental, talud y planicie abisal del suroeste del GoM. Los autores establecieron la importancia de los estadios larvales en la distribución de los crustáceos relacionados con las masas de agua, lo cual fue evidente en el aumento en los rangos de distribución de especies, sumado a esto, refuerzan las evidencias del efecto positivo de los aportes de aguas continentales reportado por Escobar-briones & Soto (1997), junto con la disminución en la abundancia y biomasa de braquiuros en la llanura abisal Sigbee, patrón que también fue señalado por Pequegnat et al. (1990), quienes propone que dicha disminución ocurre por debajo de los 600 m de profundidad.

Por otra parte, Escobar-Briones et al. (2008), determinan afinidades marcadas entre determinadas especies y diferentes zonas de los fondos del sureste del GoM. Adicionalmente, Escobar-Briones et al. (2008), establecen la presencia de organismos megabentónicos con grandes abundancias (*e.g. Parapagurus pilosimanus, Scalpellum regium*; cangrejo pagúrido y cirrípedo respectivamente) y otros grandes invertebrados como plumas de mar, equinodermos y poríferos con una zonificación marcada, los cuales no son observados en las zonas abisales.

Brooks et al. (2006), revisaron 96 trabajos realizados en el GoM y remarcó los reportes de la presencia de correlaciones negativas y positivas entre los valores de abundancia, biomasa y riqueza de especies con la profundidad; los cuales impiden aportar una tendencia general

entre dichas variables. Siendo esto un objetivo importante a evaluar en todos los estudios realizados en los diferentes sectores de esta área.

Aunado a los nuevos registros de especies de equinodermos realizados por Laguarda-Figueras et al. (2005), Vázquez-Bader et al. (2008) reportan que este grupo en el suroeste del GoM presenta patrones estacionales con valores elevados de abundancia de especies en otoño en sustratos carbonatados, la cual está conformada por 59 especies distribuidas en cinco clases siendo estas Asteroidea (25 especies), Ophiuroidea (15 especies), Echinoidea (14 especies), Crinoidea (4 especies) y Holoturoidea (1 especie). Por su parte, Solís-Marín et al. (2014b), Hernández-Díaz et al. (2013) y Solís-Marín et al. (2015) establecen que el GoM ocupa la mayor riqueza de especies pertenecientes a las clases Crinoidea, Asteroidea, Ophiuroidea y Echinoidea, con especies endémicas, junto a la explotación comercial de los holotúridos y la necesidad de realizar evaluaciones de la biodiversidad dada la heterogeneidad de la PCPY y la permanente presencia de nuevos reportes de especies en áreas aledañas al arrecife Alacranes.

Felder & Camp (2009), reportan para la plataforma de Yucatán la ausencia de monoplacóforos y la presencia de 259 especies endémicas para el GoM, las cuales corresponden al 12.5% del total de especies estimadas por Castillo-Rodríguez (2014); quien establece que la explotación pesquera sobre la malacofauna se mantiene con tan solo el 2.1% de las especies reportadas, y que el área del Golfo presenta menor diversidad de especies a la reportada para Florida (U.S.A) y Cuba.

Mientras que los estudios de distribución de especies con importancia económica (*e.g. Panulirus argus*), aportan información de otras especies megabentónicas, por ser responsables de la heterogeneidad del ambiente, servir de refugio y área de alimentación (Rios-Lara et al. 2007).

Por otro lado, en el área del Banco de Campeche Ruiz et al. (2013), establecen la carencia de diferencias mensuales e interanuales, en las medidas de diversidad local de los megacrústáceos distribuidos entre los 14 y 215 m de profundidad; mientras que la densidad y biomasa de estos organismos presentan cambios marcados debidos al cambio batimétrico

(zonación), observándose asociaciones someras afectadas por los cambios en las características granulométricas y un efecto marcado debido a la profundidad.

En cuanto al índice AMBI, Domínguez-Castanedo (2012), lo aplicó a la comunidad macrofaunal presente del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, logrando determinar un grado de perturbación ligero a moderado. Mientras que Alvarado-Cerón (2016) determinó que la zona sublitoral somera de Dos Bocas, Tabasco, sur del GoM la presencia de estado ecológico bueno a moderado.

Santibañez-Aguascalientes et al. (2018), evaluó la comunidad macrofaunal del sureste del GoM, con los índices AMBI y M-AMBI, estableciendo a través de este último, la presencia de estados moderados a deficientes en zonas de baja abundancia debido a la presencia de condiciones ambientales intermedias en zonas de plataforma continental, junto a estados altos y malos en desembocaduras de ríos y lagunas costeras, donde reportan elevadas abundancias y la confiabilidad del uso de índices bióticos para evaluar zonas defaunadas o con bajos valores de abundancia. A su vez, Santibañez-Aguascalientes et al. (2020) establecieron al 95% de confianza la relación entre estos índices bióticos y las variables ambientales que excedieron los valores umbral establecidos para hidrocarburos y metales pesados almacenados en sedimentos, validando el uso de estos índices como herramienta de evaluación de comunidades macroinfaunales en el GoM.

1.1 Justificación

El descubrimiento de ricos yacimientos de petróleo en el GoM, desencadenó una era de exploración y explotación desarrollando la industria petrolera (Miller 2006, McGuire 2008), que desde la década de 1970 fue la principal industria responsable del desarrollo económico de México (Graizbord et al. 2003). Esta situación generó un acelerado deterioro ambiental, el cual es perceptible en los registros de basura del 74% de los arrastres de bioprospección y derrames de crudo que afectan a todos los ecosistemas presentes desde el punto de vertimiento hasta la línea de costa (Patton et al. 1981, Teal & Howarth 1984, Escobar-Briones 2000).

Para el desarrollo y ejecución de planes efectivos de manejo y conservación que permitan monitorear el efecto de la explotación de hidrocarburos en el GoM, es necesario contar con el listado de especies, sus valores de abundancia, biomasa, estructura y dinámica comunitaria, valores de diversidad y estimación de su redundancia (Warwick & Light 2002); a fin de generar una línea base que permita determinar cambios en la calidad ambiental, debió a la explotación de recursos de hidrocarburos. Sin embargo, en el GoM información acerca de las comunidades megabentónicas es escasa o inexistente, siendo necesario apoyar los proyectos encaminados para la fin; ya que los disturbios asociados a la explotación de hidrocarburos, como los derrames de petróleo de las plataformas IXTOC I en 1979 y el Deepwater Horizon en 2010, tienen efectos devastadores sobre estas comunidades (Teal & Howarth 1984, Joye et al. 2016).

Por lo cual, la adquisición de material biológico de estas comunidades resulta apremiante, siendo esta actividad realizada en el marco del proyecto “Implementación de redes de observación oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la exploración y producción de hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México”; llevado a cabo por las instituciones que hacen parte del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM).

Al interior del CIGoM, el CINVESTAV unidad Mérida fue la institución a cargo de la evaluación interdisciplinaria del CPP y los MEPY, definiendo de esta manera las áreas de estudio contempladas en la presente investigación, en el cual se propone evaluar los patrones

de distribución, composición y diversidad de las comunidades megabentónicas de la zona profunda del Cinturón Plegado Perdido (CPP) y los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY), como parte del proyecto como una contribución al conocimiento de dichas comunidades generando una robusta línea base que permita proteger los ambientes bentónicos del GoM.

1.2 Preguntas de Investigación

- ¿Cómo están compuestas y estructuradas las comunidades megabentónicas de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido?
- ¿Se presentan diferencias interanuales en la estructura comunitaria del megabentos distribuido en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido?
- ¿Cuál es el rango de valores de los atributos comunitarios de las comunidades megabentónicas distribuidas en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido?
- ¿Las medidas de diversidad de las comunidades megabentónicas de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido exhiben diferencias interanuales?
- ¿Las comunidades megabentónicas exhiben signos de encontrarse sometidas algún tipo de disturbio?
- ¿Cuál es el estado ecológica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido?
- ¿Cuál es el conjunto de variables que más influyen las atributos comunitarios de la megafauna bentónica distribuida en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido?

1.3 Hipótesis

- Las comunidades megabentónicas presentes en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán estará compuesta por organismos arrecifales propios de fondos duros, siendo los organismos sésiles, crustáceos y moluscos los organismos mejor representados en términos de abundancia y biomasa.
- Las comunidades megabentónicas del Cinturón Plegado Perdido estará compuesta por organismos motiles, excavadores y oportunistas, acorde a su estructura de hábitat definida por fondos blandos terrígenos.
- Las estructuras comunitarias de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido no presentarán diferencias interanuales debido a su baja tasa de crecimiento.
- Los valores de diversidad alfa serán mayores en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán debido a la heterogeneidad estructural del hábitat, mientras que en el Cinturón Plegado Perdido presentará valores más elevados de diversidad beta debidos a su gradiente batimétrico.
- Los valores de diversidad funcional y distintividad taxonómica serán mayores en la plataforma continental de Yucatán que en el Cinturón Plegado Perdido debido a la presencia de la surgencia estacional de Cabo Catoche y las variables ambientales fisicoquímicas del suelo marino.
- Teniendo en cuenta que las actividades humanas en las dos zonas de estudio, se estima que la presión ejercida sobre el ambiente bentónico no tendrá la magnitud suficiente para impactarlos y hacerlos perceptibles en el estado ecológico establecido a través de la megafauna bentónica, esperando que sea al menos de bueno.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Caracterizar la comunidad megabentónica distribuida de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido, estableciendo de manera preliminar la condición ecológica de las áreas evaluadas.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la estructura comunitaria en términos de abundancia, biomasa y composición de las comunidades megabentónicas presentes de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido.
- Evaluar la diversidad alfa, beta de las comunidades megabentónicas presentes de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido, así como su variación interanual.
- Establecer los valores de referencia de diversidad gama y diversidad funcional de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido.
- Determinar de manera preliminar el estado ecológico del Cinturón Plegado Perdido y la Plataforma continental de Yucatán.
- Establecer cuál es el conjunto de variables que influyen los atributos comunitarios de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido.

1.5 Materiales y Métodos Generales

1.5.1 Área de Estudio

El Golfo de México presenta una alta variabilidad ambiental debida a la mezcla de ambientes templados y tropicales, mezcla de biota perteneciente al Mar Caribe y al Océano Atlántico (Rojas-López 2007), y amplias zonas de plataforma continental someras como profundas cuencas oceánicas que llegan a los 3000 m de profundidad, sustentando una alta biodiversidad (Briones et al., Solís Weiss et al. 1995).

En ecosistemas bentónicos marinos de zonas profundas (> 200 m), la distribución y abundancia de los organismos se encuentra fuertemente influenciada por los bajos valores de producción, temperatura, materia orgánica disponible (1 a 10 g C m⁻² año⁻¹) y tipo de sedimento (Briones et al., Muñiz-Irigoyen 2001).

La presente investigación se realizó en dos zonas diferentes del GoM (Figura 1.1), razón por la cual es relevante conocer aspectos generales de esta pequeña cuenca oceánica, la cual resulta ser una de las más estudiadas a nivel mundial; el GoM cubre un área de 1.5 millones de km² (Ammons & Daly 2008), se encuentra comunicado con el mar Caribe y el Océano Atlántico y delimitado por los estrechos de la Florida, el canal de Yucatán, el anillo de las grandes Antillas desde el cual emerge Cuba siendo esta isla su límite sureste (Garrison & Martin 1973).

La formación del GoM está lejos de ser comprendida claramente; sin embargo, una de las hipótesis más aceptada, explica su formación como resultado de la rotación del bloque de Yucatán desde su posición en la Pangea hasta su actual posición, proceso ocurrido en el periodo de tiempo comprendido entre el Triásico hasta el Atípense (Garrison & Martin 1973; Pindell 1994). Durante el Mesozoico la parte norte del GoM recibió una alta cantidad de sedimentos terrígenos clásticos sobrepuestos, mientras que la secreción de carbonato de calcio generada en las aguas cálidas de las penínsulas de la Florida y Yucatán dieron origen a una vasta área carbonatada (Garrison & Martin 1973). Entre tanto el margen continental del GoM se desarrolló como un sistema de dos provincias geológicamente separadas (este y sur) por la región terrígena del oeste (Garrison & Martin 1973).

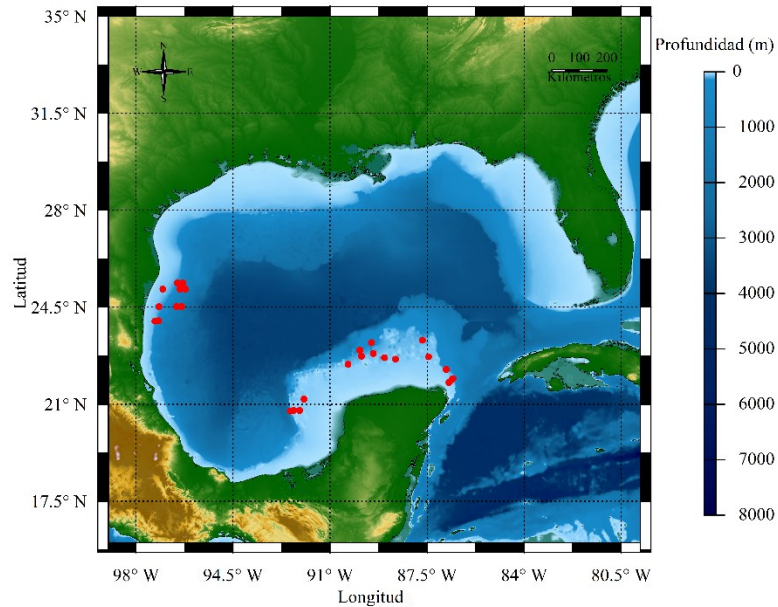


Figura 1.1. Golfo de México (GoM), en color rojo son señaladas las estaciones de muestreo del Cinturón Plegado Perdido CCP y los márgenes externos de la plataforma continental de la Península de Yucatán (MEPY).

El margen continental en la zona norte del GoM presenta áreas entre los 100 km (Río Grande en Texas) y mayores a 240 km (Texas-Louisiana), el talud continental es observado a una profundidad promedio de 157 ± 41.77 m y una conspicua presencia de sal en la secuencia sedimentaria (Garrison & Martin 1973). La zona este presenta una amplitud de 40 km en frente de Tampico donde hay intrusiones salinas y aumenta a 130 km en el Golfo de Campeche, esta plataforma presenta un relieve bajo con escarpes en la parte norte y arrecifes en el sur (Uchupi 1967). En la parte central del GoM exhibe profundidades por debajo de los 2,500 m y se caracteriza por presentar la planicie Sigbee, el delta del Mississippi, áreas que se encuentran limitadas por los escarpes de la Florida y Campeche, y comunicados con el océano Atlántico y el mar Caribe por los estrechos de la Florida y Campeche (Garrison & Martin 1973).

Los valores de temperatura y salinidad superficial medidos *in situ* en el GoM fluctúan entre 19°C y 31°C y de 28 a 36 respectivamente (Rabalais et al. 2002), mientras que a profundidades abisales la temperatura es de 4.35 °C y la salinidad de 34.97 (Pequegnat et al. 1990). El estrecho de Yucatán es la principal conexión del GoM con el océano Atlántico a una profundidad entre 1,500 a 1,900 m, permitiendo la entrada de nutrientes, pero impidiendo la entrada de aguas del Caribe de 2°C (Pequegnat et al. 1990).

El GoM exhibe dos patrones estacionales determinado por los vientos que de invierno a primavera tienen dirección este-noreste y los van en dirección este-sureste entre otoño a primavera (Caso et al. 2004). En los MEPY se presenta la temporada seca durante los meses de marzo a mayo, la temporada de lluvias es comprendida durante los meses de junio a octubre, mientras que los frentes fríos se presentan de noviembre a febrero (Herrera-Silveira & Morales-Ojeda 2009). Entre tanto, en el estado de Tamaulipas presenta las temperaturas máximas durante los meses de junio a agosto y las mínimas en el mes de enero; la temporada de lluvias es más corta que la registrada en el estado de Yucatán, dándose entre junio y septiembre (INEGI 2020).

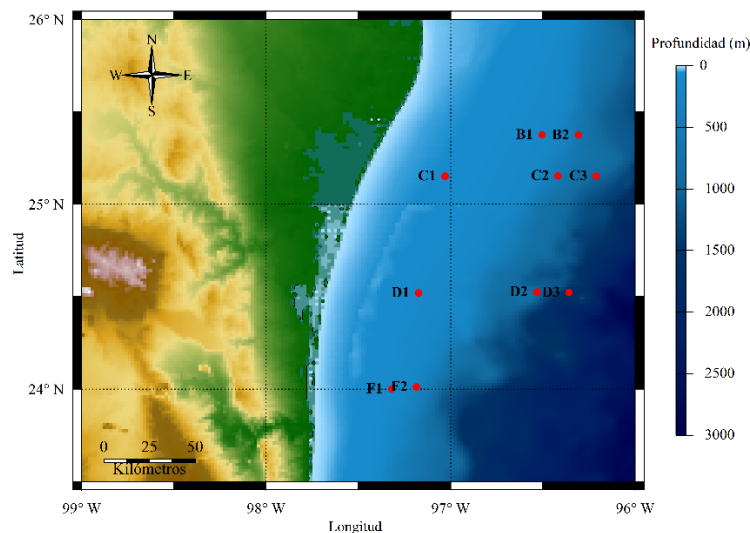


Figura 1.2. Cinturón Plegado Perdido (CPP), se presentan las estaciones de muestreo donde fueron evaluadas las comunidades megabentónicas durante los cruces oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).

Las áreas de estudio de la presente investigación son el CPP y la MEPY (Figuras 1.2 y 1.3, respectivamente). La extensión del CPP reportada por Ruiz et al. (2003) es de 27,230 km² con una profundidad que fluctúa entre los 2,500 a 3,000 m (Figura 1.2). Sin embargo, el área de muestreo del presente estudio es de 129.861 km², con un rango batimétrico de 50 m hasta 3,939 m de profundidad, localizado en frente de la zona costera del estado de Tamaulipas, en la Zona Económica Exclusiva (ZEE), limitada al norte con la frontera internacional con los Estados Unidos de Norte América, al noroccidental de la Planicie de Sigsbee, al occidente con la isóbata de 500 m y al oriente del Escarpe Perdido (Ruiz et al. 2003, CNH 2012). Esta área se caracteriza por sedimentos compuestos por gravas, arenas y lodos, siendo registrados en la zona de plataforma lodos y arenas finas (Escobar-Briones & Soto 1997, Ruiz et al.

2003); mientras que los valores de materia orgánica fluctúan entre 1.12% a 1.28% en la mitad de la plataforma continental y entre 0.96 a 1.92 en el margen continental externo (Escobar-Briones & Soto 1997).

El CPP es influenciado por los patrones de circulación que prevalecen en el sector oeste de de GoM, con condiciones de estratificación de abril a septiembre y mezcla provocada por los nortes en noviembre (Vidal et al. 1994b, Escobar-Briones & Soto 1997) y la influencia de aportes continentales provenientes de los ríos Grande, Soto La Marina y Panuco (Escobar-Briones & Soto 1997). Los valores máximos de oxígeno disuelto (OD) fluctúan entre 4.5 mL L⁻¹ a 5.5 mL L⁻¹ a 100m de profundidad y mínimos cerca de la pycnoclina (2.4 mL L⁻¹ a 2.8 mL L⁻¹, Vidal et al. 1994).

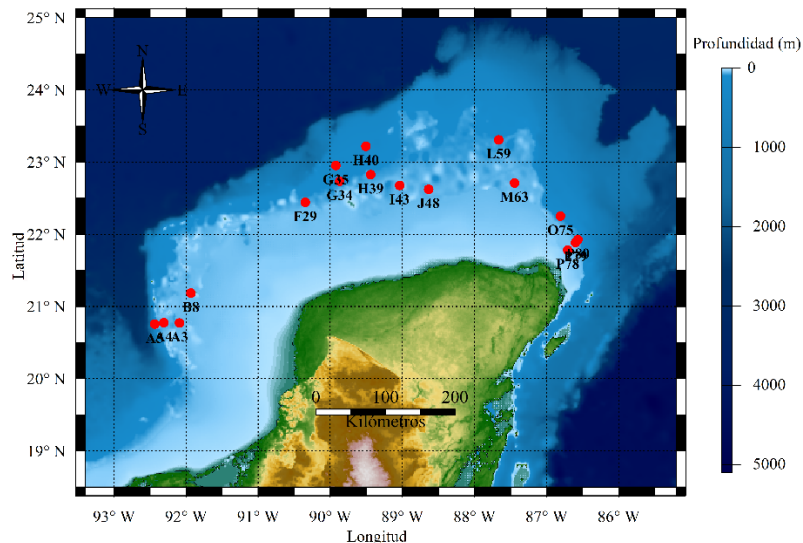


Figura 1.3. Plataforma continental de Yucatán, se presentan las estaciones de muestreo donde fueron evaluadas las comunidades megabentónicas durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV).

Entre tanto el margen continental de Yucatán se encuentra en el sector Sur del GoM (Figuras 1.2 y 1.3), su plataforma continental comprende un área de 350.000 km², presenta bajo grado de inclinación y una profundidad máxima de 500 m; la naturaleza kárstica de su suelo y carencia de desembocaduras de ríos, la convierte en una de las dos zonas calcáreas del GoM, siendo la zona de plataforma continental de la Florida la segunda (García 1980, Weidie et al. 1985, Barradas-Ortiz et al. 2003, Enriquez et al. 2010, Gonnee et al. 2014).

La PCPY la cual se extiende 260 km en el GoM, característica que favorece la permanencia de los nutrientes provenientes de la surgencia de Cabo Catoche en la zona eufótica (Merino 1997). La PCPY se extiende desde Cabo Catoche hasta la Laguna de Términos y presenta dos zonas definidas (Figura 1.3); la comprendida entre Cabo Catoche hasta inmediaciones de Sisal, caracterizada por el dominio de fondos coralino-arenosos, mientras que entre Sisal y la Laguna de Términos presenta fondos fangosos (Weidie et al. 1978, García 1980).

Diagramas T-S aportados por Merino (1997), indican que las aguas que aportan nutrientes de la zona profunda poseen la estructura característica de las masas de agua presentes en el Caribe, las cuales surgen de 100 a 130 m por encima de la termoclina permanente ubicada a 150 m de profundidad y 22.5 °C. Los rangos de temperatura del agua proveniente de la surgencia fluctúan entre 16 a 20 °C y la salinidad fluctúa entre 36.1 a 36.5. El OD presenta valores de 3.4 mg l⁻¹ a 3.7 mg l⁻¹, mientras que los valores de los nutrientes reportados para el área varían entre 8 µmol l⁻¹ a 14 µmol l⁻¹ en el caso del nitrato, 1.2 a 1.7 µmol l⁻¹ de los fosfatos y de 4.5 a 7.3 µmol l⁻¹ es el rango reportado para los silicatos; características que hacen que la surgencia presente en PCPY el segundo sistema de margen oeste a nivel mundial (Merino 1997). En zonas someras los valores de temperatura fluctúan entre 26 a 27.5°C, mientras que los de salinidad presenta valores entre 36.3 a 36.8; las diferencias de temperatura a lo largo del perfil batimétrico han sido atribuidas la alta tasa de evaporación (Merino 1997).

En el margen continental de Yucatán se presenta un transporte de partículas y nutrientes en dirección este-oeste sustentado por la corriente de Yucatán (CY), la cual resulta de la unión de la corriente norecuatorial del Atlántico con la corriente sur-ecuatorial de Brasil (Rios-Lara et al. 2004).

1.5.2 Método de muestreo

El presente estudio se realizó con el material biológico y variables ambientales medidas durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII); realizados entre noviembre de 2015 y junio de 2017, por el CINVESTAV unidad Mérida como parte de las labores que desarrolló en el Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM), al interior del proyecto CONACYT-SENER “Implementación

de redes de observación oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la exploración y producción de hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México”.

El material biológico se colectó utilizando una red de arrastre camaronera de 18.32 m de apertura de boca, 5.08 cm de tamaño de malla, en maniobras de arrastre realizadas por 30 minutos a una velocidad de ~2 nudos. En los MEPY fueron evaluadas 16 estaciones con un rango batimétrico de 31 m a 201 m, mientras que en el CPP se colectó fauna en 10 estaciones ubicadas entre 34 m y 508.3 m.

Los organismos colectados durante los 4 cruceros oceanográficos se separaron en la embarcación después de cada maniobra a nivel de phylum, clase u orden; para posteriormente ser refrigerados a -20°C y ser identificados a nivel de especie y en la identificación se realizó a nivel de género, debido a la pérdida o fractura de apéndices o estructuras corporales determinantes en el proceso de identificación. Esto se realizó en el laboratorio de arrecifes de coral de CINVESTAV unidad Mérida, utilizando bibliografía especializada (Warmke & Abbott 1962, Abbot 1974, Powers 1977, McLaughlin 1980, Gore 1982). La información obtenida fue verificada a través del portal de registro mundial de especies (WoRMS; www.marinespecies.org/).

Los valores de abundancia por especie se registraron en el laboratorio durante las sesiones de pesado de los organismos, en las cuales se registró la biomasa (g wet weight, peso húmedo en sus siglas en inglés), de cada individuo por especie utilizando una balanza analítica Ohaus Adventurer con un límite de detección de 0.0001g. Los valores registrados fueron transformados a unidades de peso seco libre de ceniza (AFDW por sus siglas en inglés) utilizando los factores de conversión proporcionados por (Eleftheriou & Basford 1989, Brey 2001), a fin de favorecer la comparación de resultados y discusión de los mismos. Para la estandarización de los valores de abundancia y biomasa a unidades de ind km⁻² y kg AFDW km⁻², se utilizó el factor de conversión aportado por Pauly (1980).

2 Capítulo II: Estructura del hábitat de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido

Resumen

La estructura del hábitat presente en los MEPY y el CPP fue evaluada a partir de las variables oceanográficas de fondo, los hidrocarburos, metales y carbono almacenado en el sedimento medidos *in situ* o en muestras colectadas durante los cruceros oceanográficos GIV, GV, PII y PIII. En los MEPY las variables oceanográficas de fondo exhibieron valores más elevados en durante el crucero GV, registrándose diferencias en términos de salinidad y oxígeno disuelto (Mann-Whitney, $p < 0.001$). Las arenas finas y medias pobremente clasificadas, asimétricas y platicúrticas dominaron el área, que presentó hidrocarburos de fuentes antropogénicas, biogénicas, continentales y marinas. En el CPP únicamente exhibió diferencias temporales la concentración de clorofila de fondo (Mann-Whitney, $p < 0.01$). Esta área exhibió arenas muy finas con porcentajes fluctuantes de limos y arcillas, las concentraciones de Ni y Pb estuvieron por encima del valor de referencia TEL, aunque el índice de riesgo ecológico (RI) indicó la ausencia de toxicidad para la fauna del área, en presencia de hidrocarburos que en su mayoría fueron de naturaleza petrogénica. Las diferencias en las variables oceanográficas de fondo en los MEPY son atribuibles a la variabilidad climática del área, mientras que su ausencia en términos de clorofila podría resultar de fases positivas significativas de oscilación de El Niño-Oscilación Sur (ENSO). La presencia de hidrocarburos en el centro y oeste de los MEPY debe ser evaluada a nivel de huellas digitales para determinar si son aportados desde el continente o resultado del transporte a través por el estrecho de Yucatán. En el CPP la ausencia de diferencias en las variables oceanográficas es atribuible a la extensión del área y ser evaluada en la misma época del año; por otra parte, los hidrocarburos almacenados en los sedimentos deben ser evaluados a nivel de huellas digitales, dada la presencia de emanaciones naturales de hidrocarburos, lo cual podría estar favoreciendo la presencia de Ni y Pb, aunque no puede descartarse actividades económicas realizadas en el área. Aunque la heterogeneidad de los MEPY la determina su rango de profundidad, tipo de sedimento y variabilidad estacional, los gradientes generados por los hidrocarburos y metales del CPP podrían aportar una mayor complejidad ambiental, podría ser evidenciado en evaluaciones que involucren la fauna distribuida en el área.

2.1 Introducción

Los fondos sedimentarios son el bioma más grande de la biosfera (Danovaro et al. 2010), delimitados por la zona supra litoral hasta la zona hadal (Archer et al. 2009, Murphy & Hofmann 2012, Dahlman & Lindsey 2018); siendo los márgenes continentales la parte superior de este bioma, los cuales cubren cerca del 10% de los ecosistemas oceánicos y poseen cuatro zonas claramente identificables (costa, plataforma, talud y elevación; Walsh 1991, Hwang et al. 2009, Chiocci & Chivas 2014). En dichas zonas los atributos comunitarios de abundancia y biomasa de comunidades bentónicas exhiben sus valores más elevados, debido al aporte de energía proveniente de la producción primaria pelágica y bentónica (Snelgrove 1999, Renaud et al. 2008, Christianen et al. 2017).

Las comunidades bentónicas distribuidas en dichas áreas se benefician de la complejidad estructural del suelo marino y presencia de especies sésiles (Kaiser et al. 2002, Tokeshi & Arakaki 2012). Dichas comunidades son influenciadas por la dinámica sedimentaria, aportes continentales y fluctuación en los valores de las variables oceanográficas (*e.g.* temperatura, salinidad); factores a los cuales se encuentran acoplados sus ciclos de vida (Carmack & Macdonald 2002, Taylor et al. 2005, Williams et al. 2010, Willems et al. 2015, Sweetman et al. 2017).

La parte externa de los márgenes continentales presenta mayor cambio topográfico, un aumento en la complejidad estructural y patrones de corrientes diferentes a los observados en la parte interna de la plataforma, dando como resultado características ambientales distintivas de sedimentación de materia orgánica proveniente del continente y/o la producción pelágica (Butman 1988, Hwang et al. 2009, Langone et al. 2016). Esto origina cambios marcados en la abundancia, biomasa, composición y diversidad en comunidades bentónicas, los cuales pueden ser evidenciados en la megafauna bentónica; debido a su elevado requerimiento energético que determina relaciones específicas de cada taxa ante gradientes ambientales (Hecker 1990, Pilditch et al. 2015, Grinyó et al. 2018)

La extensión del GoM favorece la presencia de múltiples ecosistemas, presentando diferentes conjuntos de variables ambientales que estructuran el hábitat. Esto origina que la Corriente de Yucatán (CY), la surgencia estacional de Cabo Catoche, los nortes y las descargas subterráneas de

aguas continentales que aumentan considerablemente la concentración de nutrientes de la plataforma, sean las principales características ambientales responsables de la estructura del hábitat de los MEPY (Herrera-Silveira et al. 1996, Aranda-Cirerol et al. 2006, Rios-Lara et al. 2007, Enriquez et al. 2013).

El CPP debe su heterogeneidad estructural a la influencia de descargas continentales de áreas aledañas, irregularidad de su suelo, menor extensión de la zona de plataforma continental con respecto a los MEPY y presentar sedimentos terrígenos que favorecen la acumulación de materia orgánica, metales pesados e hidrocarburos (Vidal et al. 1994b, Escobar-Briones & Soto 1997, Zavala-Hidalgo et al. 2005).

Sumado a la heterogeneidad fisicoquímica propia de los márgenes anteriormente mencionados, las comunidades megabentónicas que habitan los MEPY y el CPP pueden estar influenciadas por factores antropogénicos como la presión pesquera y los cambios en la calidad de agua y/o el sedimento, debidos a la exploración, explotación y transporte de petróleo, minería y desarrollo urbano (Stull et al. 2001, Jones et al. 2007a, Whitacre 2010, Al Fartoosi 2013).

Dichas actividades promueven procesos de homogenización ambiental, generando la reducción de la complejidad estructural del suelo, pérdida de especies autogénicas y de aquellas que se benefician de su presencia; factores que disminuyen de la diversidad debido a cambios estructurales y de composición de especies, ocasionados por la inducción de procesos de sucesión ecológica (Lawton 1994, Jones et al. 2007a, Jackson 2008, Neumann et al. 2015), condición que ha sido reportada en el aspecto fisicoquímico para la el sector este de la PCPY y el CPP (Atwood et al. 1987, Wehrtmann et al. 2012).

Teniendo en cuenta la importancia de las variables ambientales en la estructura del hábitat y las diferencias fisicoquímica de los MEPY y el CPP; este capítulo tiene como objetivo caracterizar la estructura de dichos hábitats, a partir de las variables ambientales evaluadas durante los cruceros oceanográficos GIV, GV, PII y PIII.

2.2 Materiales y métodos

Los valores de las variables oceanográficas de fondo (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila), fueron obtenidas a partir de los valores registrados por el CTD en cada estación, durante los cuatro cruceros oceanográficos contemplados en la presente evaluación. Los valores de temperatura y salinidad no medidos durante el crucero oceanográfico GIV, fueron obtenidos a partir del modelo de circulación oceánica HYCOM (*Hybrid Coordinate Ocean Model*), el cual permite obtener información detallada de ecosistemas marinos a diferentes profundidades (González-Santamaría et al. 2018). Con dicha información fueron identificadas las masas de agua presentes en las área de estudio, utilizando los criterios resumidos en la Tabla 2.1, que han sido aportados por diferentes autores (Metcalf 1976, Morrison & Nowlin 1982, Vidal et al. 1992, de la Lanza Espino & Gómez Rojas 2004, Aldeco et al. 2009, Enriquez et al. 2010, Townsend et al. 2015, Emery 2019).

Se realizaron análisis de interpolación con el fin obtener el valor de las variables ambientales que no hayan sido medidas en campo, debido a los retos metodológicos que se presentan en cruceros oceanográficos. Para tal fin, fueron realizados análisis de kriging, a partir de los modelos de distribución que exhibieron los mejores ajustes con cada variable; siendo utilizados para tal fin, el criterio de información de Akaike (AIC por sus siglas en inglés) y el criterio de información bayesiano (BIC por sus siglas en inglés) (Huang & Chen 2007). Los procedimientos realizados con las variables oceanográficas, fueron llevado a cabo en la plataforma *r* a través de los paquetes *geoR*, *AICcmodavg*, *raster*, *oce* y *oceanmap* (Hijmans 2016, Ribeiro & Diggle 2016, Bauer 2017, Kelley 2018, Mazerolle 2020), cada variable interpolada fue acompañada por los valores de desviación estándar aportados por cada modelo.

El ambiente sedimentario de los MEPY y el CPP se evaluó de manera puntual, a partir de las muestras de sedimento de las estaciones donde fueron realizados arrastres. Dicho material fue liofilizado a fin de extraer la humedad y evitar alteraciones cuantitativas o cualitativas de los compuestos orgánicos e inorgánicos de la muestra, permitiendo su almacenamiento por periodos de tiempo prolongados (Marín et al. 2003). El material liofilizado de los MEPY fue cernido a través de una columna de 8 tamices con diámetros de malla de 2 mm, 0.85 mm, 0.6 mm, 0.42 mm, 0.25 mm 0.038 mm y un último recipiente colector de la fracción más pequeña. La cantidad de

sedimento retenida en cada tamiz fue pesada utilizando balanza analítica Ohaus Adventurer con un límite de detección de 0.0001g; para posteriormente calcular las características texturales de tamaño medio de grano (Mz), mediana (Md), desviación estándar (σ_1), asimetría gráfica inclusiva (Sk) y curtosis gráfica (kg). El procesamiento de las muestras fue llevado a cabo en los laboratorios de geoquímica marina y arrecifes de coral de CINVESTAV Unidad Mérida. Los cálculos fueron realizados de acuerdo con los procedimientos propuestos por Folk & Ward (1957) y realizados a través del paquete *rysgran* de la plataforma *r* (Eliandro et al. 2015).

Dado que el tamaño del sedimento colectado en el CPP fue inferior 0.038 mm, se procedió a establecer las cantidades porcentuales de sus constituyentes a través de la técnica de tamizado húmedo, descrita en la segunda fase de análisis de sedimentos no consolidados por Arteta (2001). Para tal fin, 10 g de sedimento tratados previamente con 20 mL de calgon fueron introducidos en una probeta de aforada a 1L, en la cual se hicieron sifonados para homogenizar la mezcla; luego se procedió a registrar los valores de temperatura y densidad de la muestra, utilizando un termómetro de mercurio y un hidrómetro 152H por un periodo de 24 h, obteniendo 6 registros de temperatura y densidad en intervalos de 0.5 min, 1 min, 2 min, 3 min, 5 min, 10 min, 30 min, 60 min, 120 min 1440 min (Steinmetz 2018). Todos los cálculos fueron realizados a través del paquete *envalysis* de la plataforma *r* (Steinmetz 2018).

Las cantidades porcentuales de materia orgánica, carbono orgánico y carbono total almacenados en los sedimentos, fueron obtenidas a través del proceso de titulación desarrollado por Walkley & Black (1934), en el cual se introduce 1 gr de sedimento liofilizado previamente cernido a través de tamiz de diámetro de malla de 0.5 mm al interior de un recipiente de 500 mL, donde son agregados 10 mL de $K_2Cr_2O_7$ a una concentración 1N y 20 mL de H_2SO_4 con $AgSO_4$; la suspensión resultante es mezclada 2 a 3 veces para homogenizarla y se deja en reposo durante 30 min a que se produzca la reacción completa. Posteriormente se agregan 200 mL de agua destilada, a fin de diluir la suspensión, le son añadidos 10 mL de H_2PO_4 concentrado y 1 mL de difenalamina; la muestra fue titulada con una solución de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ al 0.5N, la solución vira de violeta a verde brillante. Cada muestra titulada fue acompañada por la titulación de una suspensión blanco (sin sedimento).

Tabla 2.1. Masas de agua reportadas en el Golfo de México (GoM) y presentes en el océano Atlántico, se excluyó la masa de agua del mediterráneo. Se presentan los rangos de valores de profundidad (m), densidad (kg m⁻³), temperatura (°C), salinidad, oxígeno disuelto (mL L⁻¹) y su respectiva referencia.

Masa de Agua	Profundidad	Densidad	Temperatura	Salinidad	Oxígeno disuelto	Referencia
Yucatán (YSW)	0-50	-----	26.0-31.0	36.40-36.80	-----	Enriquez et al 2013
Común del GoM(CGW)	0-250	24.5-25.5	22.0-28.0	36.30-36.40	-----	Vidal-Lorandi et al 2003
Superficial tropical del Caribe (CTSW)	-----	-----	28.0-30.0	36.40-36.80	-----	Aldeco et al 2009
Subsuperficial subtropical del Caribe (CSUW)	125-225	-----	22.0-26.0	36.40-36.70	-----	Aldeco et al 2009
Subtropical subsuperficial del GoM (GMSS)	125-225	25.5-26.3	22.0-26.0	>36.60	3.6-3.8	Merino 1997
18°C del mar de los Sargazos	200-280	25.8-26.50	17.6-18.2	36.40-36.60	2.8-3.5	Enriquez et al 2013
Central del Atlántico tropical (TACW)	300-700	25.5-26.50	8.0-14.0	35.5	2.4-2.8	Vidal et al 1990
Intermedia del Atlántico (AAIW)	-----	27.1-27.74	5.0-8.0	34.88-34.89	5.0-8.0	de la Lanza & Gomez 2004
Profunda de Atlántico norte (NADW)	1500-3600	27.76-27.78	4.0-4.10	34.96-34.99	5-5.75	Metcalf 1976
Capa superior (0 ≤ m ≤ 500)						
Atlántico central noroeste (WNACW)			7.0-20.0	35.00-36.70		Morrison & Nowlin 1982
Atlántico central noreste (ENACW)			8.0-18.0	35.20-36.70		
Atlántico sur (SACW)			5.0-18.0	34.30-35.80		
Capa intermedia (500 ≤ m ≤ 1500)						
Intermedia subártica del Atlántico oeste (WASIW)			3.0-9.0	34.00-35.10		Emery et al 2018
Intermedia subártica del Atlántico este (EASIW)			3.0-9.0	34.40-35.30		
Intermedia del Antártico (AIW)			2.0-6.0	33.80-34.80		
Capa profunda (m > 1500)						
Profunda del Atlántico norte (NADW)			1.5-4.0	34.80-35.00		Emery et al 2018
de fondo del Antártico (AABW)				34.64-34.72		
de fondo del Ártico (ABW)				34.88-34.94		

Los volúmenes titulados de FeSO₄ fueron remplazados en la siguiente expresión, donde N es la concentración normal de la solución de K₂Cr₂O₇, T es el volumen de FeSO₄ titulado en la muestra, S el volumen de FeSO₄ requerido para obtener el viraje en el blanco, ODW el peso de la muestra de sedimento seca, mientras que 0.003 y 100 son constantes (USDA 2003; Eq. 1).

$$\% \text{ car. org} = \frac{0.003 * N * 10 \text{ mL} * \left(1 - \frac{T}{S}\right) * 100}{ODW} \quad (\text{Eq.1})$$

A los valores porcentuales de carbono orgánico en los sedimentos les fue aplicado el factor de conversión de 1.298 aportado por Bhattacharyya et al. (2015) para obtener el valor de carbono total; a partir del cual se obtuvo el porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento, aplicando un segundo factor de conversión (1.72), asumiendo un contenido de carbono del 58% (Soildquality 2020).

Los valores de hidrocarburos y metales pesados almacenados en los sedimentos fueron a portados por el laboratorio de geoquímica marina del CINVESTAV unidad Mérida. Las concentraciones de dichos compuestos y elementos fueron expresadas en $\mu\text{g kg}^{-1}$, unidad que equivale a partes por billón (ppb), esto con el fin de comparar los valores obtenidos con los reportados en la guía de calidad de sedimentos umbral/efecto probable (TEL/PEL) reportados para sedimentos marinos por Buchman (2008).

Dichos rangos permiten establecer en el caso de concentraciones de rango bajo (TEL), bajos efectos nocivos sobre las comunidades expuestas a dichas concentraciones; donde áreas que exhiben concentraciones inferiores a este valor umbral, exhiben bajas ocurrencias de efectos adversos sobre la fauna. Por otro lado, los valores PEL representan concentraciones contaminantes, sobre los cuales es probable que se presenten efectos adversos sobre la fauna (Long et al. 1995b, Macdonald et al. 1996).

Para establecer el grado de toxicidad debida a la presencia de metales en el sedimento fue calculado el índice de riesgo ecológico potencial (RI), el cual permite cuantificar el peligro potencial al cual se encuentra expuesta la fauna distribuida en sedimentos contaminados (Hakanson 1980, Enuneku et al. 2018).

Para tal fin, en primera medida fue calculado el factor de contaminación (CF; Eq. 2), el cual es la razón entre la concentración del metal en la muestra (MVC) y su valor histórico natural (BGV), siendo 15,800 $\mu\text{g kg}^{-1}$ el BGV reportado para el plomo (Pb), 17,300 $\mu\text{g kg}^{-1}$ el del níquel (Ni) y 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$ el BGV del cadmio (Cd) (Hakanson 1980, Belzunce et al. 2004).

$$CF = \frac{MVC}{BGV} \quad (\text{Eq. 2})$$

Posteriormente, fue calculado el riesgo potencial individual (E_r^i ; Eq.3), índice que contempla el factor de contaminación (CF) y el factor de respuesta tóxica establecido para cada elemento (T_r^i); en el caso del Pb y Ni corresponde a 5, mientras que el valor del Cd es 30 (Jiao et al. 2015, Soliman et al. 2015, Enuneku et al. 2018).

$$E_r^i = T_r^i * CF \quad (\text{Eq. 3})$$

La suma de los valores de E_r^i da como resultado el índice de riesgo ecológico potencial (RI; Eq.4), el cual permite discriminar en la categoría de bajo riesgo ecológico las áreas con valores de RI inferiores o iguales a 150, zonas con moderado riesgo ecológico exhiben valores entre 150 y 300; en la categoría de considerable riesgo ecológico se encuentran las estaciones con valores entre 300 y 600, mientras que el elevado riesgo ecológico se presenta en áreas con valores de RI superiores a 600 (Enuneku et al. 2018).

$$RI = \sum_{i=1}^n T_r^i * CF \quad (\text{Eq. 4})$$

Los valores de las variables oceanográficas de fondo, las concentraciones de hidrocarburos en el sedimento y las cantidades porcentuales de carbono y materia orgánica en el sedimento, fueron comparados a través de la pruebas frecuentistas paramétricas y no paramétricas, de acuerdo con la comprobación de supuestos de distribución (Zar 1996).

Diferencias multiestructurales en la estructura fisicoquímica de las áreas evaluadas fueron exploradas a través de una prueba SIMPROF, la cual permite identificar la presencia de grupos homogéneos y separarlos de grupos que exhiben heterogeneidad a nivel estructural (French et al. 2013, Clarke et al. 2014).

Los resultados aportados por dicha prueba fueron incorporados a un análisis de ordenación no métrico multidimensional (nMDS), que representa gráficamente las diferencias ambientales en términos de distancia, donde la posición de cada estaciones es asignada a través de un proceso iterativo que busca el mejor arreglo posible, a partir de la matriz de distancia con la cual fue elaborado este análisis (Ramírez 2005). Las diferencias exhibidas entre la posición de las estaciones y los valores de la matriz son expresadas a través de un valor de estrés, que tiene a aumentar al disminuir la calidad de la representación gráfica de las estaciones (Clarke & Warwick 2001b, Ramírez 2005, Clarke & Gorley 2015).

La influencia de las variables ambientales sobre las áreas evaluadas fue evaluada a través del análisis de coordenadas principales (PCO), para lo cual se excluyeron las variables que presentaron valores de correlación superiores a 0.70, con la finalidad de evitar la influencia de colinealidad (Dormann et al. 2013, Pirtle et al. 2015). El análisis PCO aporta una proyección mucho más general que la obtenida a partir de un análisis de componentes principales, dado que usa la matriz de distancia, permitiendo observar la similitud entre casos y manteniendo las unidades de la matriz de distancia original (Anderson et al. 2008, Clarke et al. 2014, Clarke & Gorley 2015).

2.3 Resultados

2.3.1 Variables oceanográficas de fondo

2.3.1.1 Evaluación Gomex

Durante el crucero oceanográfico GIV los valores de la temperatura de fondo fluctuaron entre 12.59 °C en la estación Q87 y 29.22 °C en la estación Q84, siendo 24.90 ± 3.13 °C su valor promedio. Los datos interpolados permitieron estimar la presencia de temperaturas entre 13 °C y 20 °C en el sector este de la PCPY, siendo sus márgenes externos (MEPY) el área del margen continental con mayor número de estaciones influenciadas dichos valores (Figuras 2.1 a-b); mientras que la zona delimitada entre la línea de costa de Dzilam de Bravo y Celestún hasta la isóbata de 46 m del sector oeste presentó valores entre 26 °C y 28 °C (Figura 2.1a).

En términos generales, la temperatura de fondo en la PCPY presentó valores más elevados en el sector oeste, en las estaciones A-D, área influenciada por la laguna costera de Celestún; mientras que en el sector central (estaciones F-K) fue posible estimar la presencia de un gradiente de 21°C a

25°C. Los valores más bajos fueron observados en el este de los MEPY (estaciones L-O; Figuras 2.1a-b).

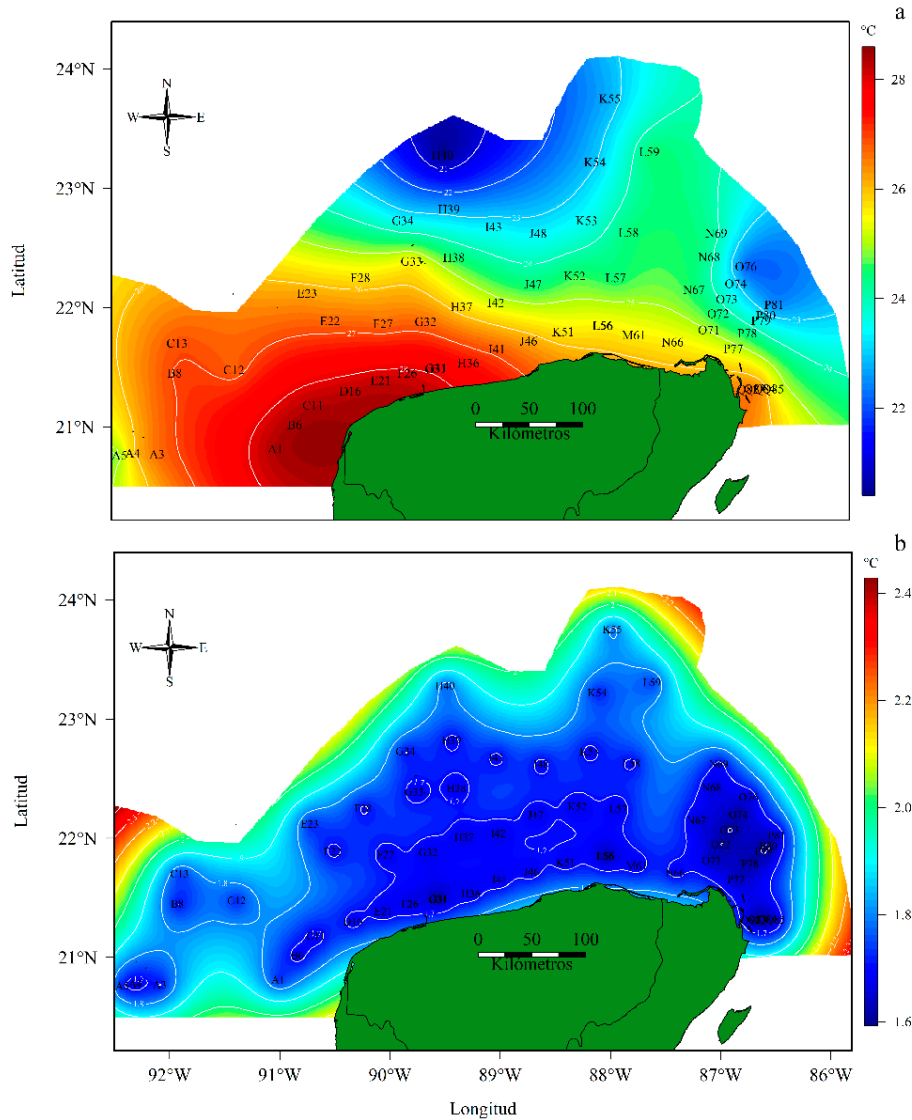


Figura 2.1. Temperatura de fondo evaluada durante el crucero Gomex IV (GIV). a. Valores de temperatura estimados, b. Valores de desviación estándar.

Los valores de salinidad de fondo fluctuaron entre 35.6 en la estación A1 y 36.9 en la estación Q87, presentando un valor promedio de 36.53 ± 0.19 . Los valores interpolados permitieron estimar valores elevados en los sectores este y oeste. En el sector este dichos valores se observaron entre las isóbatas de 11 m hasta la de 50 m en inmediaciones de la isla Holbox, mientras que en el oeste se presentaron en la zona interna del margen continental, en inmediaciones de la laguna costera de Celestún

(Figuras 2.2a-b). Los valores más bajos fueron estimados en los extremos del margen continental y el límite entre el sector central y el oeste (Figuras 2.2a-b).

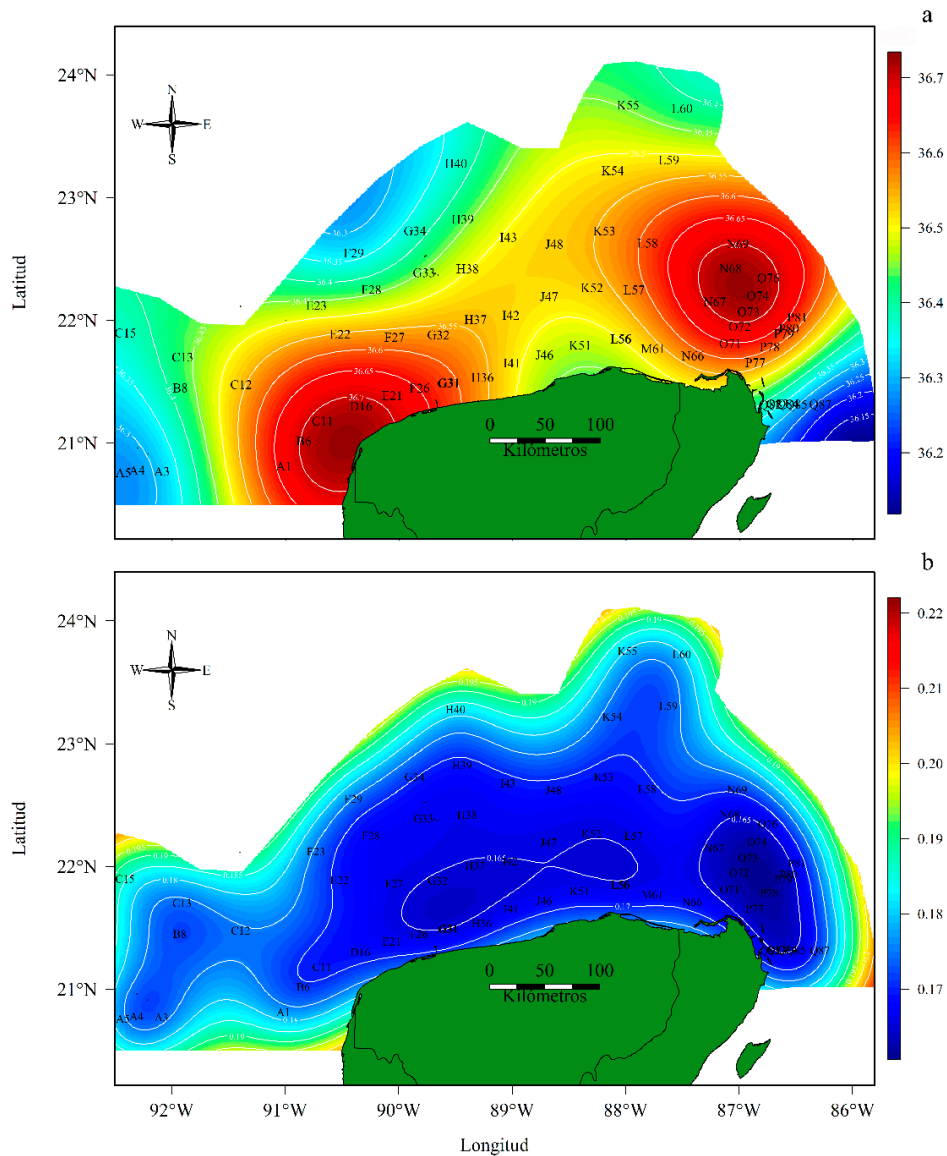


Figura 2.2. Salinidad de fondo evaluada durante el crucero Gomex IV (GIV). a. Valores de salinidad estimados, b. Valores de desviación estándar.

El Oxígeno Disuelto (OD) presentó su valor más bajo en la estación K51 (1.44 mL L^{-1}), mientras que el sector oeste registró el valor más alto ($Q82=4.25 \text{ mL L}^{-1}$); el valor promedio del OD fue $2.52 \pm 0.53 \text{ mL L}^{-1}$ (Figuras 2.3a-b). Los valores estimados fueron bajos en parte de la línea de costa del centro del margen interno y en zonas ubicadas en alejadas zonas ubicadas en el margen externo ($1.44 \text{ mL L}^{-1} \leq \text{OD} \leq 2.5 \text{ mL L}^{-1}$; Figura 2.3a).

En términos de OD el área costera ubicada entre Dzilam de Bravo y Celestún presentó 9 estaciones con valores entre 2.5 mL L⁻¹ y 3 mL L⁻¹ (Figura 2.3a); mientras que valores entre 2.3 mL L⁻¹ a 2.9 mL L⁻¹ se observaron en frente de la zona costera ubicada entre el Parque Nacional Natural San Felipe y el área urbana que lleva el mismo nombre (Figura 2.3a). Por otro lado, en el margen interno central 19 estaciones presentaron valores entre 2.5 mL L⁻¹ a 1.9 mL L⁻¹ (estaciones H-K).

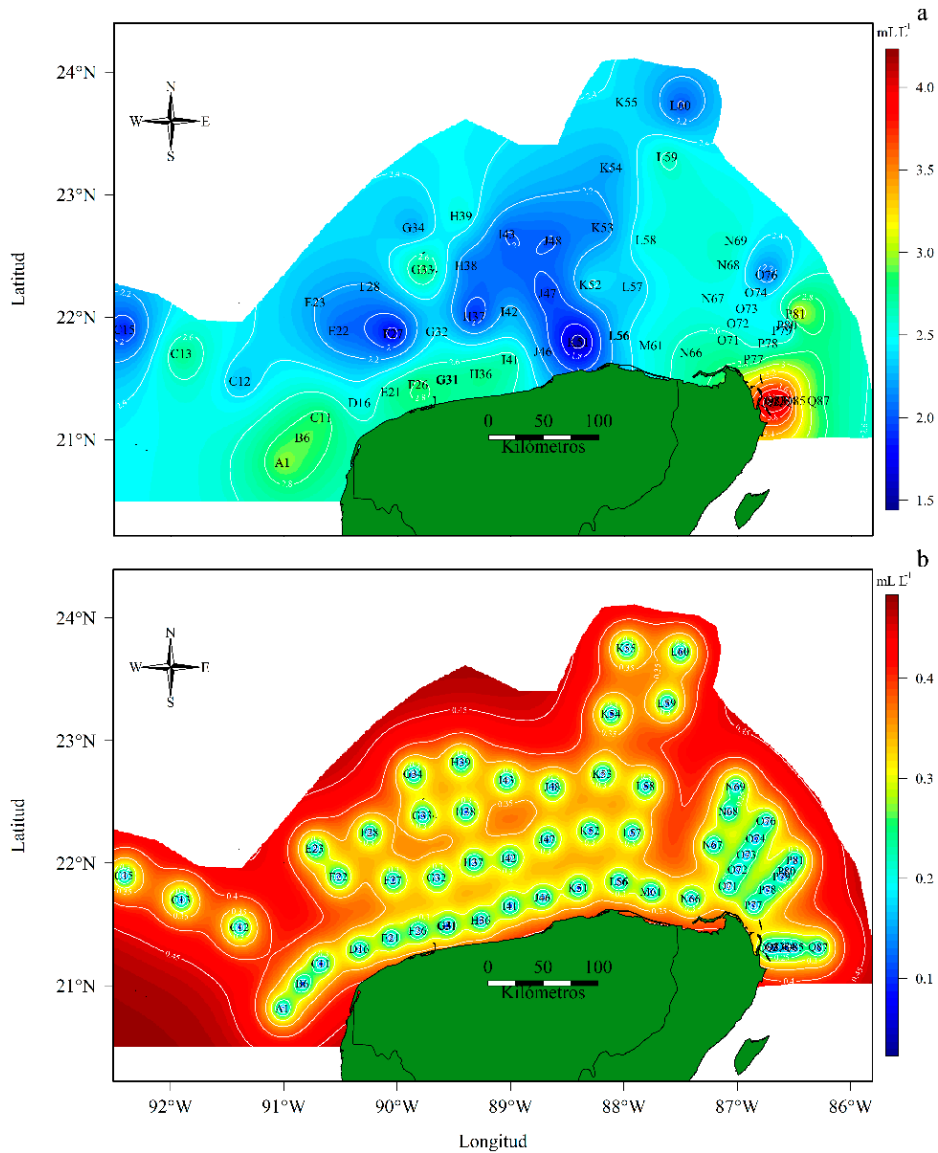


Figura 2.3. Oxígeno disuelto (OD) de fondo evaluado durante el crucero Gomex IV (GIV). a. Valores estimados de oxígeno disuelto, b. Valores de desviación estándar.

La clorofila de fondo (Chla) fluctuó entre 0.07 mg m⁻³ en la estación Q87 y 6.88 mg m⁻³ en el centro del margen continental (H36), y presentó un valor promedio de 1.07±1.04 mg m⁻³. Los valores

interpolados más elevados fluctuaron entre 2.2 mg m^{-3} a 1.6 mg m^{-3} en los tres sectores de la PCPY, mientras que los valores estimados más bajos fluctuaron entre 0.2 mg m^{-3} a 0.6 mg m^{-3} y se presentaron en la parte interna y externa de los tres sectores (Figuras 2.4a-b).

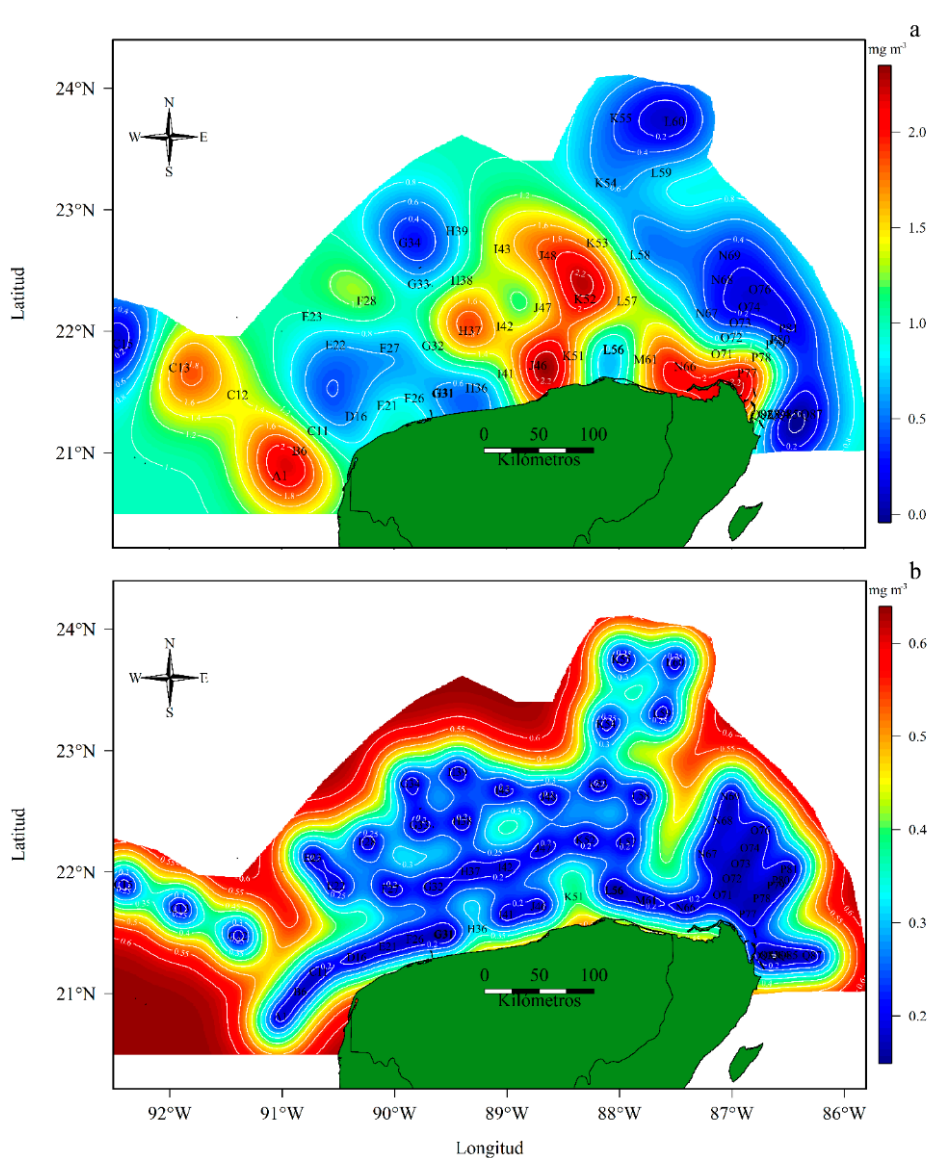


Figura 2.4. Clorofila (Chla) de fondo evaluada durante el crucero Gomex IV (GIV). a. Valores estimados de clorofila, b. Valores de desviación estándar.

De acuerdo con los valores de las variables físicas comentadas anteriormente, fue posible identificar la presencia de 5 masas de agua (CGW, CTSW, CSUW, YSW y WNACW), siendo la CSUW la registrada en un mayor número de estaciones, seguida por la YSW registrada en el centro y oeste del margen continental interno de Yucatán (Figuras 2.5a-f).

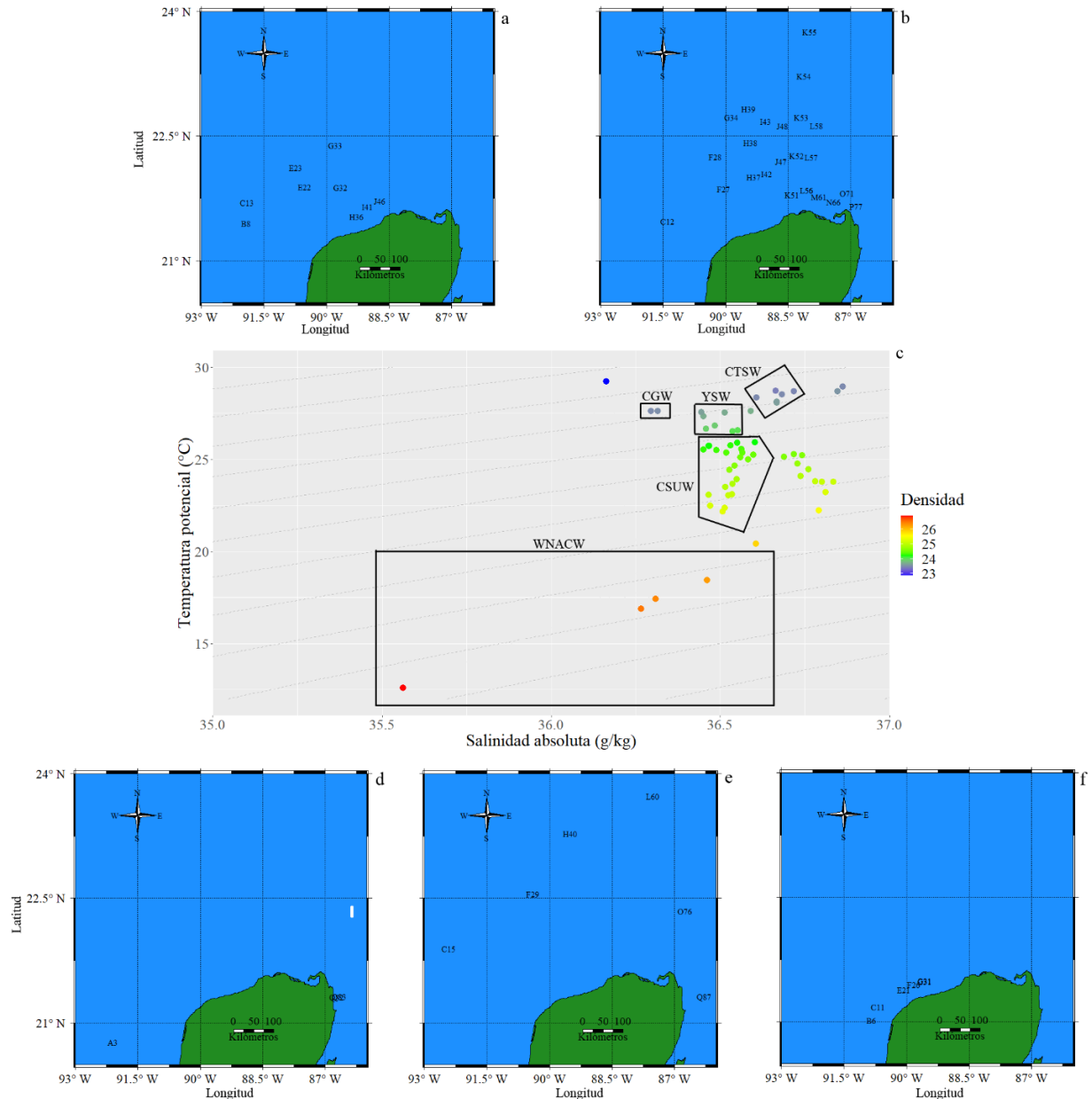


Figura 2.5. Masas de agua identificadas en el margen continental de Yucatán a partir de las variables oceanográficas de fondo medidas durante el crucero Gomex IV (GIV). a. Masa de agua de Yucatán (YSW), b. Masa de agua subsuperficial subtropical del Caribe (CSUW), c. Diagrama TS, d. Masa de agua común del GoM (CGW), e. Masa de agua central del Atlántico noroeste (WNACW), f. Masa de agua superficial del Caribe (CTSW).

Durante el crucero oceanográfico GV el valor puntual de temperatura más elevado se registró en la estación B8 (~30°C), mientras que el valor más bajo fue de 16.06 °C en la estación J50. El valor promedio de la temperatura de fondo fue de 23.13±3.31°C. Durante este crucero fueron registradas aguas frías de manera exclusiva en las estaciones ubicadas por debajo de los 100 m de profundidad, de acuerdo con los valores interpolados (Figuras 2.6a-b).

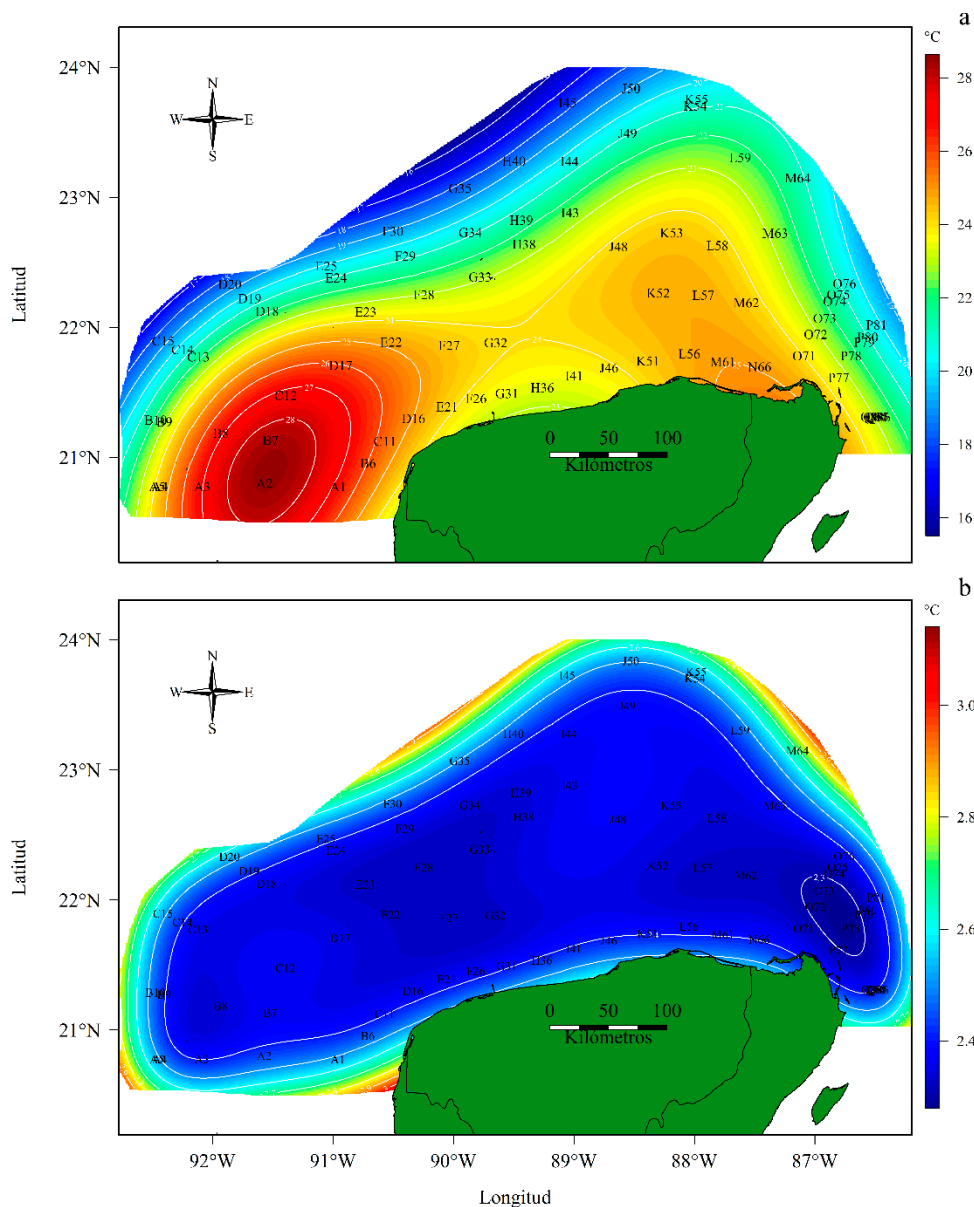


Figura 2.6. Temperatura de fondo evaluada durante el crucero Gomex V (GV). a. Valores estimados de temperatura, b. Valores de desviación estándar.

La salinidad de fondo presentó su valor más elevado en la estación G31 (39.25) y el más bajo en la estación J50 (36.14). El valor promedio fue 36.51 ± 0.34 . Los valores interpolados más bajos de salinidad fueron observados cerca de las estaciones I43, H40, G35 y L59, los sectores oeste interna y externa del margen continental (Figuras 2.7a-b); mientras que los valores estimados más altos se observaron entre los 50 m y 200 m de profundidad en el sector oeste (Figura 2.7a).

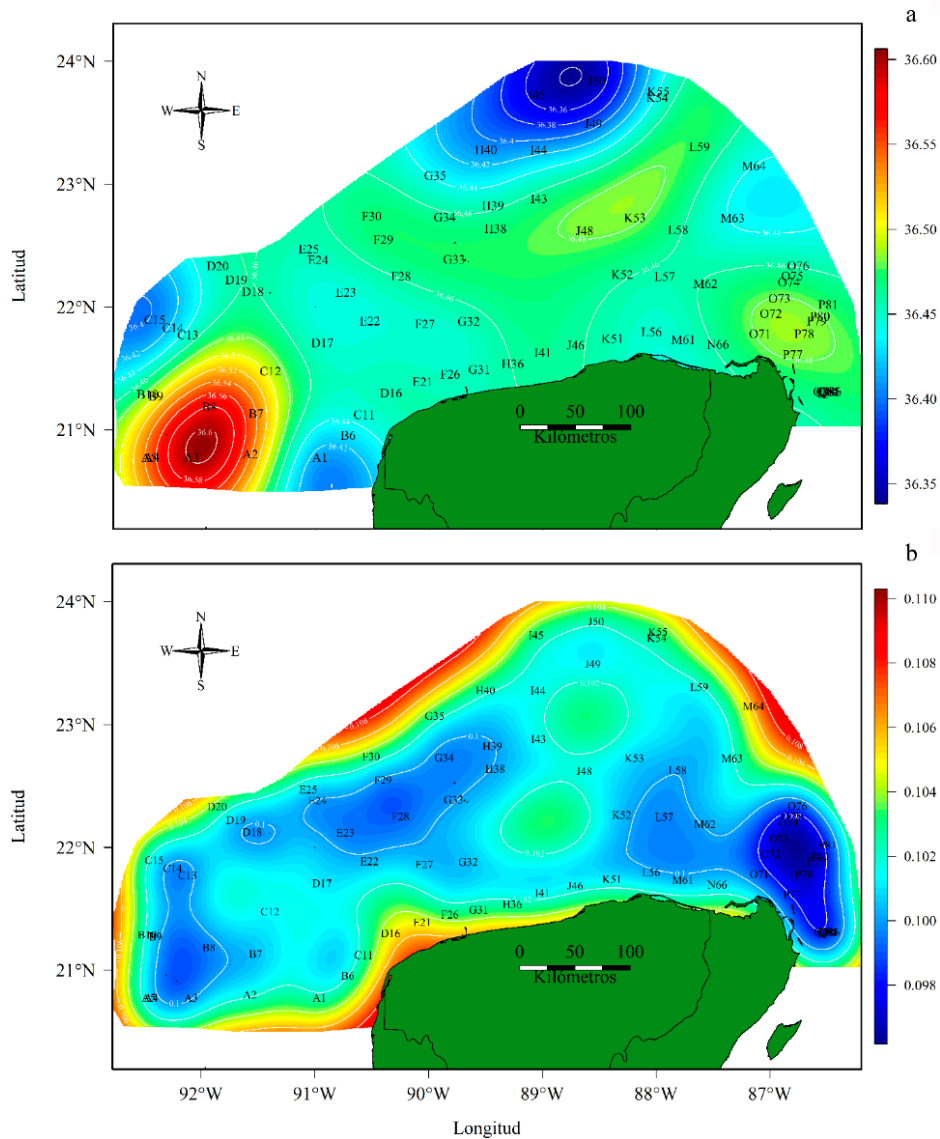


Figura 2.7. Salinidad de fondo evaluada durante el crucero Gomex V (GV). a. Valores estimados de salinidad, b. Valores de desviación estándar.

Los valores del oxígeno disuelto de fondo fluctuaron entre 5.12 ml L^{-1} en la estación L56 localizada cerca de la línea de costa a 8 m de profundidad y 2.57 ml L^{-1} en la estación A5 ubicada en 89 m de profundidad (Figuras 2.8a-b); el valor promedio registrado en el crucero GV fue $3.86 \pm 0.74 \text{ ml L}^{-1}$, siendo margen interno central y este las zonas con los valores más elevados de esta variable ($4.2 \leq \text{ml L}^{-1} \leq 5.6$; Figura 2.8a).

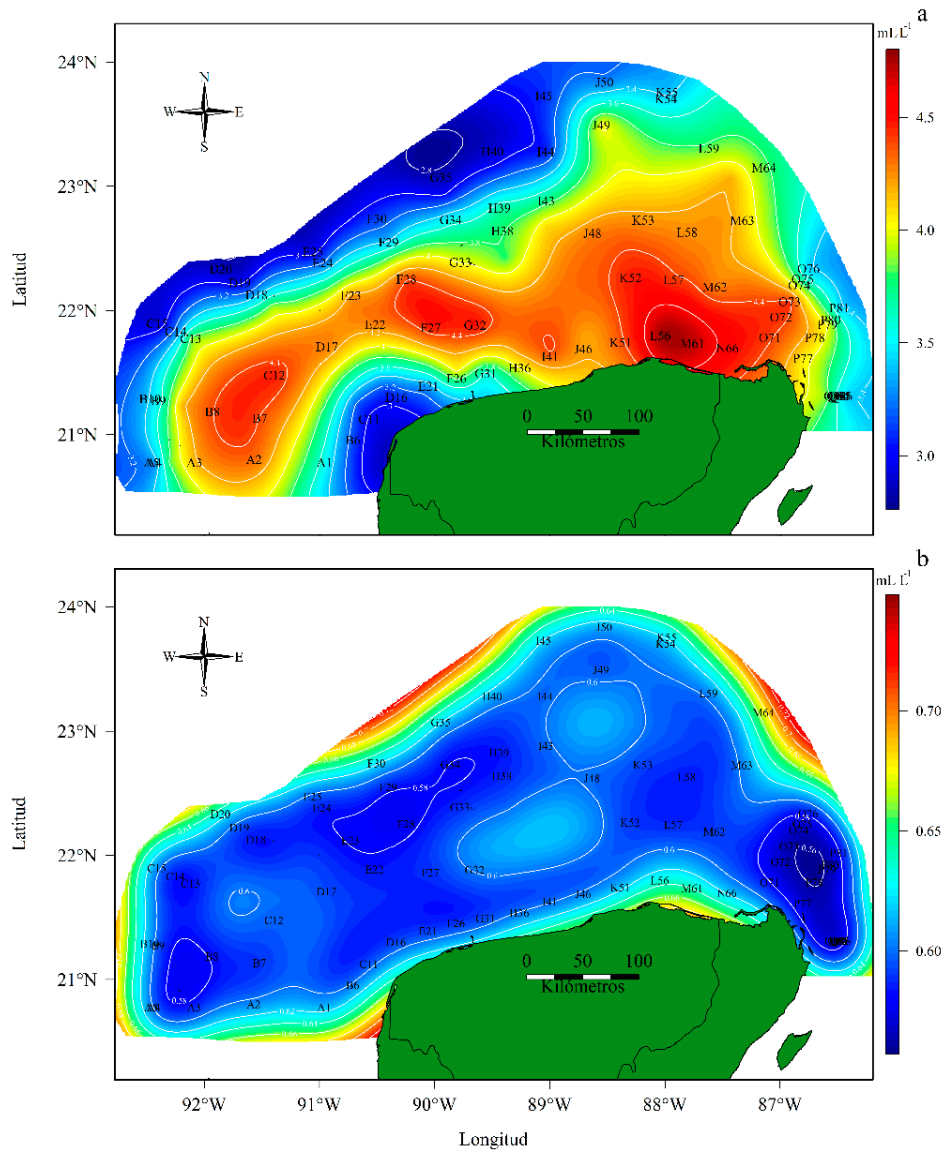


Figura 2.8. Oxígeno disuelto (OD) de fondo evaluado durante el crucero Gomex V (GV). a. Valores estimados de oxígeno disuelto, b. Valores de desviación estándar.

La clorofila de fondo (Chla) presentó valores entre 4.22 mg m^{-3} en la estación P78 y 0.074 mg m^{-3} en la estación J50; mientras que el valor promedio fue $0.67 \pm 0.50 \text{ mg m}^{-3}$. Los valores interpolados exhibieron valores elevados en el sector este ($1.02 \leq \text{Chla } \text{mg m}^{-3} \leq 2.01$), en un rango de profundidad entre 17 m y 69 m, con un segundo pico en el sector central ($1.28 \leq \text{Chla } \text{mg m}^{-3} \leq 1.72$; entre 50.5 m y 66 m de profundidad; Figuras 2.9a-b); mientras que los valores bajos de Chla se presentaron a lo largo de margen continental (Figuras 2.9a-b).

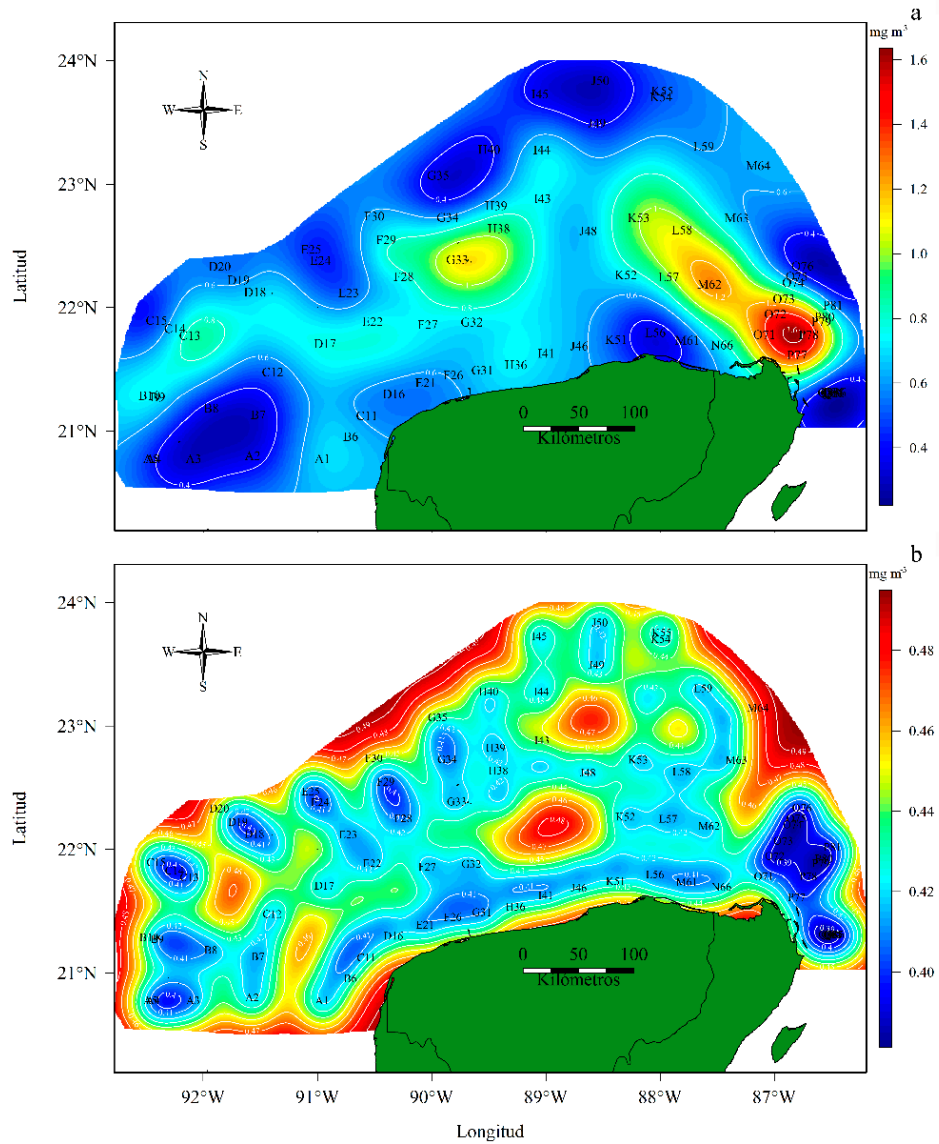


Figura 2.9. Clorofila (Chla) de fondo evaluada durante el crucero Gomex V (GV). a. Valores estimados de clorofila, b. Valores de desviación estándar.

Durante el crucero GV posible identificar seis masas de agua YSW, CSUW, CGW, CTSW, WNACW, ENACW, de las cuales la CSUW presentó un mayor rango de distribución que el registrado durante el crucero GIV, siendo posible registrar cambios en la distribución de las masas de agua YSW y CTSW (Figuras 2.10a-g).

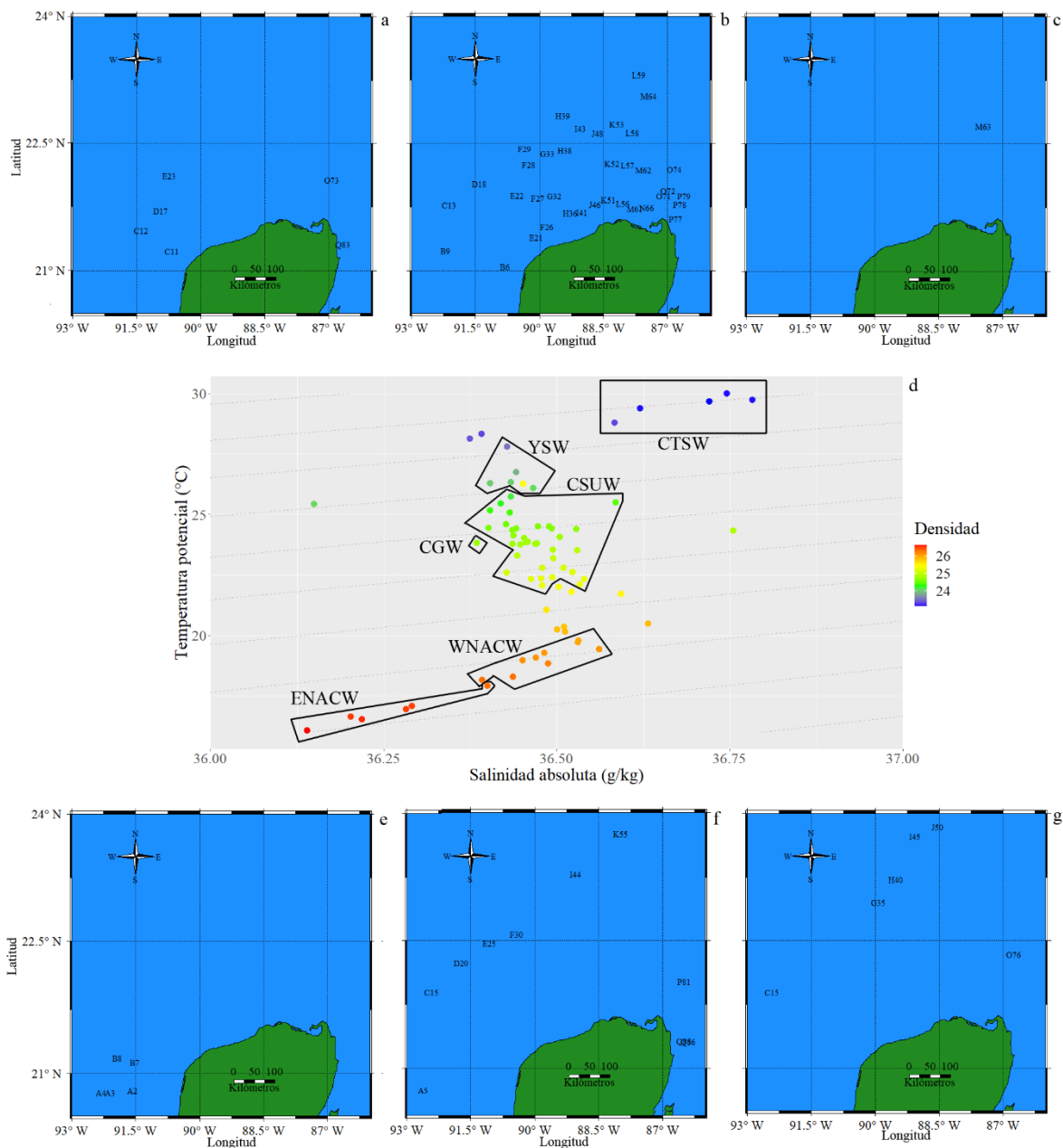


Figura 2.10. Masas de agua identificadas en el margen continental de Yucatán a partir de las variables oceanográficas de fondo medidas durante el crucero Gomex V (GV). a. Masa de agua de Yucatán (YSW), b. Masa de agua subsuperficial subtropical del Caribe (CSUW), c. Masa de agua común el GoM (CGW), d. Diagrama T-S, e. Masa de agua superficial tropical del Caribe (CTSW), f. Masa de agua central del Atlántico noroeste (WNACW), g. Masa de agua central del Atlántico noreste (ENACW).

El margen continental de Yucatán no exhibió diferencias en los valores de clorofila Chla (Mann-Whitney, $p < 0.04$), siendo diferentes los valores de temperatura, salinidad, OD y densidad (Mann-Whitney, $p < 0.013$); mientras que a nivel de los MEPY solo fueron registradas diferencias en términos de salinidad y densidad (Mann-Whitney, $p < 0.05$; Anexo capítulo II, Tabla 9.1).

Tabla 2.2. Modelos de distribución utilizados en los análisis de interpolación de las variables oceanográficas de fondo medidas durante los cruceros Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV). Se presentan las variables evaluadas, los modelos de distribución, los valores de los criterios de información de akaike (IAC) y bayesiano (IBC) y la prueba estadística usada para establecer diferencias entre los valores observados y estimados.

Crucero	Variable	Modelo de distribución	IAC	IBC	Prueba estadística
GIV	Temperatura	Exponencial	331.72	339.75	Mann-Whiney, $p = 0.68$
GIV	Salinidad	Cúbico	-23.83	-15.80	Mann-Whiney, $p = 0.59$
GIV	Oxígeno disuelto	Exponencial	61.63	69.94	Mann-Whiney, $p = 0.94$
GIV	Clorofila	Cauchy	160.84	168.41	Mann-Whiney, $p = 0.46$
GV	Temperatura	Gaussiano	382.18	390.92	t-student, $p = 0.89$
GV	Salinidad	Cauchy	-112.83	-104.12	Mann-Whiney, $p = 0.87$
GV	Oxígeno disuelto	Esférico	163.93	174.92	Mann-Whiney, $p = 0.43$
GV	Clorofila	Cúbico	107.65	116.40	Mann-Whiney, $p = 0.35$

2.3.1.2 Evaluación Perdido

Durante el crucero PII los valores de temperatura por estación fluctuaron entre 29.7 °C y 4.25 °C, presentando un valor promedio de 11.04 ± 1.7 °C y 4.33°C como valor más frecuente (observado en las estaciones E7 y C7; Figura 2.11a). Esta variable presentó valores superiores a 20°C en estaciones ubicadas entre 34 m y 98 m de profundidad (Figuras 2.11a-b). Las estaciones B4 y D3 presentaron valores en el rango de 20°C y 10°C, mientras que 15 estaciones presentaron valores entre 4.5°C y 4.2°C (55% de las estaciones).

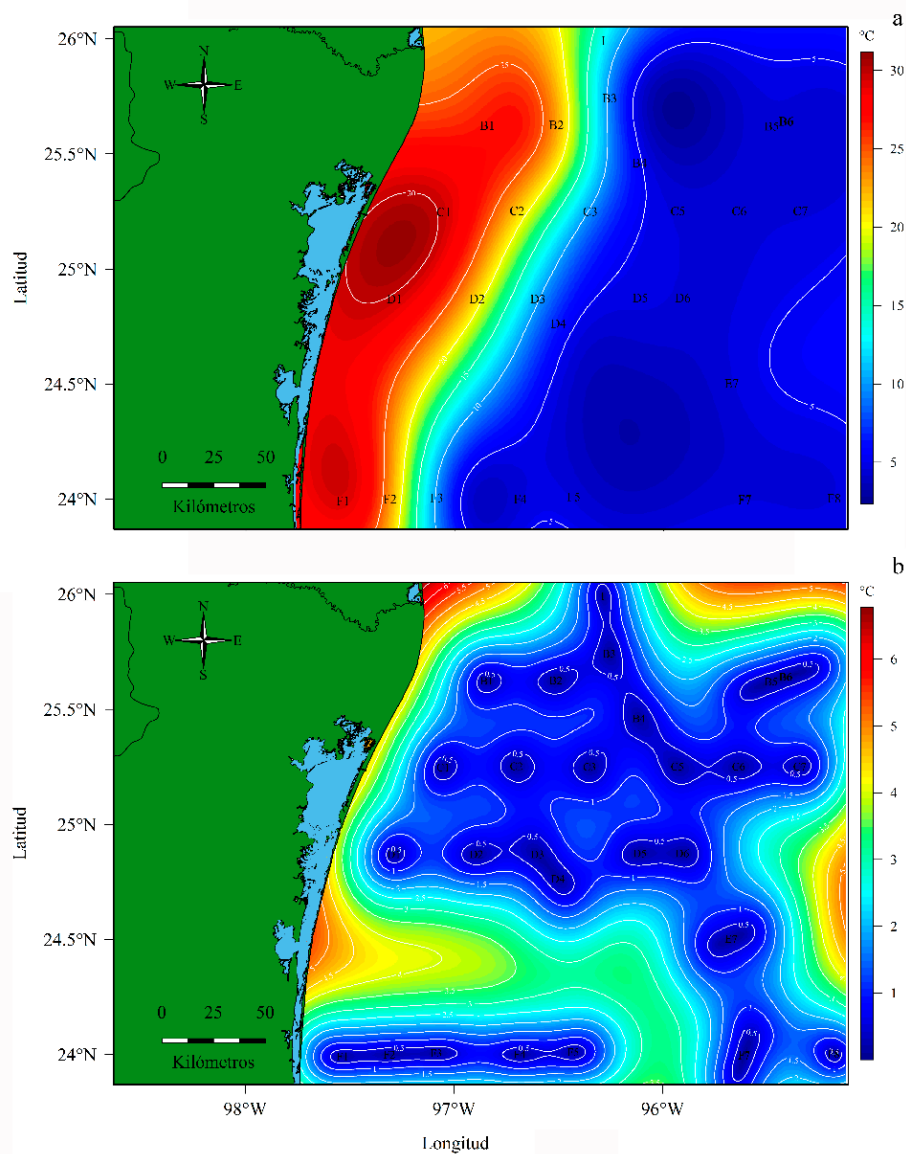


Figura 2.11. Temperatura de fondo evaluada durante el crucero Perdido II (PII), a. Valores de temperatura estimados, b. Valores de desviación estándar.

El análisis de interpolación permitió observar un gradiente marcado, con valores elevados en la zona de plataforma, los más bajos zona profunda y un área de transición ubicada entre los 450 m y 550 m de profundidad (Figura 2.11a).

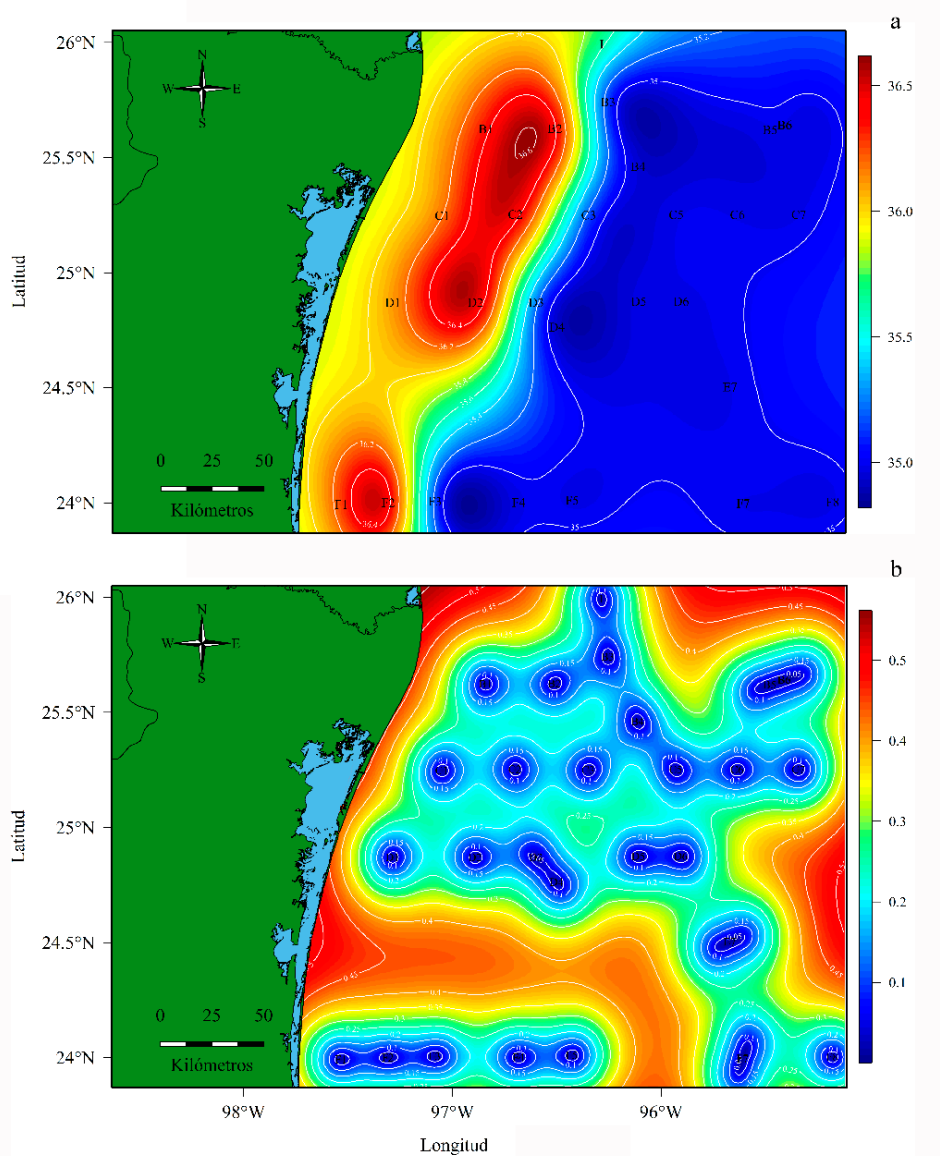


Figura 2.12. Salinidad de fondo evaluada durante el crucero Perdido II (PII). a. Valores de salinidad estimados, b. Valores de desviación estándar.

La salinidad presentó un valor promedio de 35.38 ± 0.11 , una moda de 34.97 y un rango de fluctuación entre 36.5 y 34.9 (Figuras 2.12a-b). El 29% de las estaciones presentó valores de salinidad mayores a 36, las cuales se distribuyeron entre 34 m y 98 m de profundidad, mientras que el 62% de las estaciones presentó valores de salinidad entre 35 y 34.9 (Figura 2.12a).

El valor promedio del OD fue de $3.084 \pm 0.12 \text{ mL L}^{-1}$ y la moda de 3.66 mL L^{-1} ; esta variable fluctuó entre 3.66 mL L^{-1} y 1.79 mL L^{-1} . El 66% de las estaciones presentaron valores entre 3.66 mL L^{-1} y 3.09 mL L^{-1} (Figuras 2.13 a-b), de las cuales 15 estaciones se localizaron en la zona profunda y 5 sobre la plataforma continental (B2, C1, D1, F1 y F2; Figuras 2.15a-b). En el rango batimétrico de 290m y 481m presentaron valores entre 1.9 mL L^{-1} y 1.79 mL L^{-1} (Figuras 2.13a-b). Los valores interpolados reflejan mayores concentraciones de OD en la zona profunda, con valores intermedios en la zona de plataforma y bajos entre 290m y 481m de profundidad (Figuras 2.13 a-b).

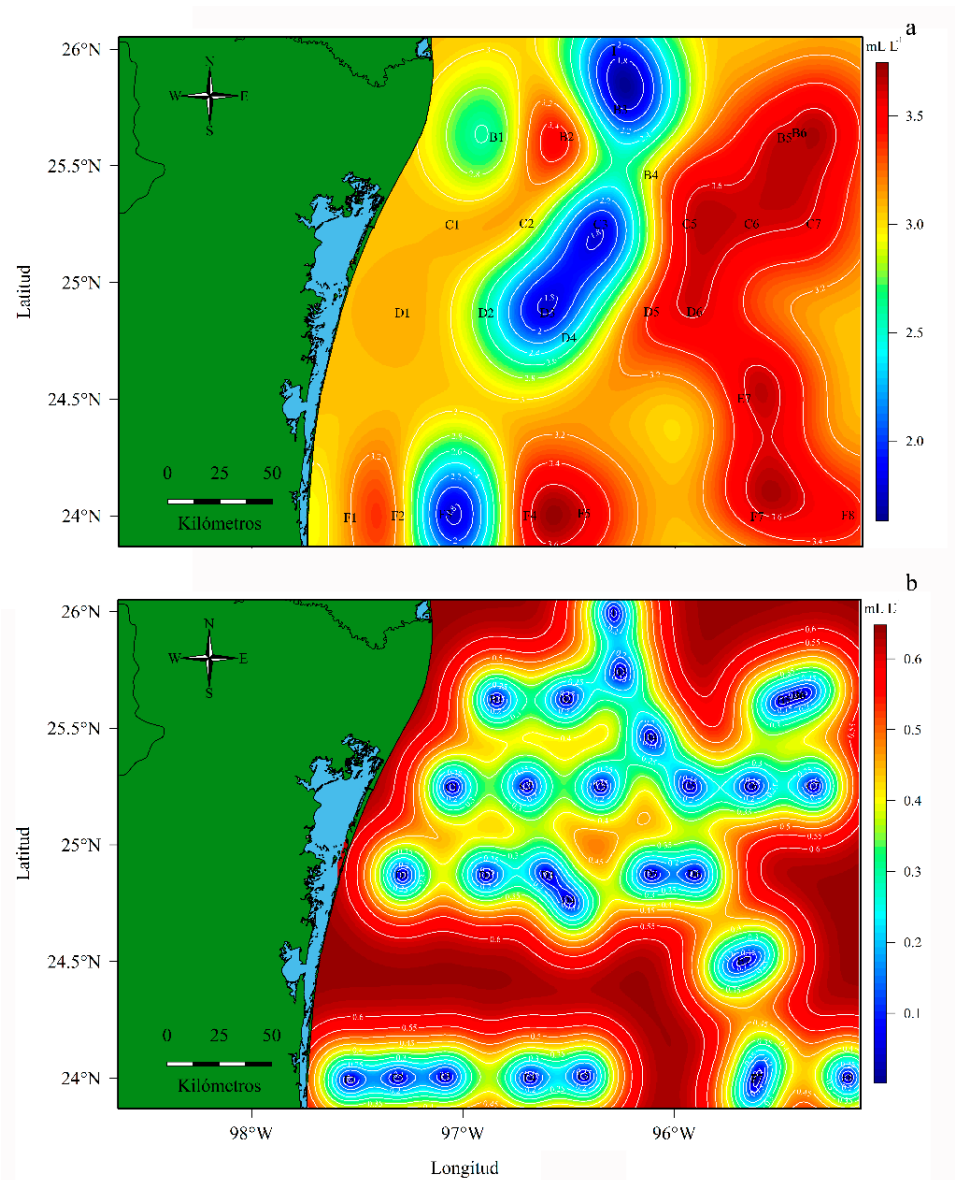


Figura 2.13. Oxígeno disuelto (OD) de fondo evaluado durante el crucero Perdido II (PII). a. Valores de oxígeno disuelto estimados, b. Valores de desviación estándar.

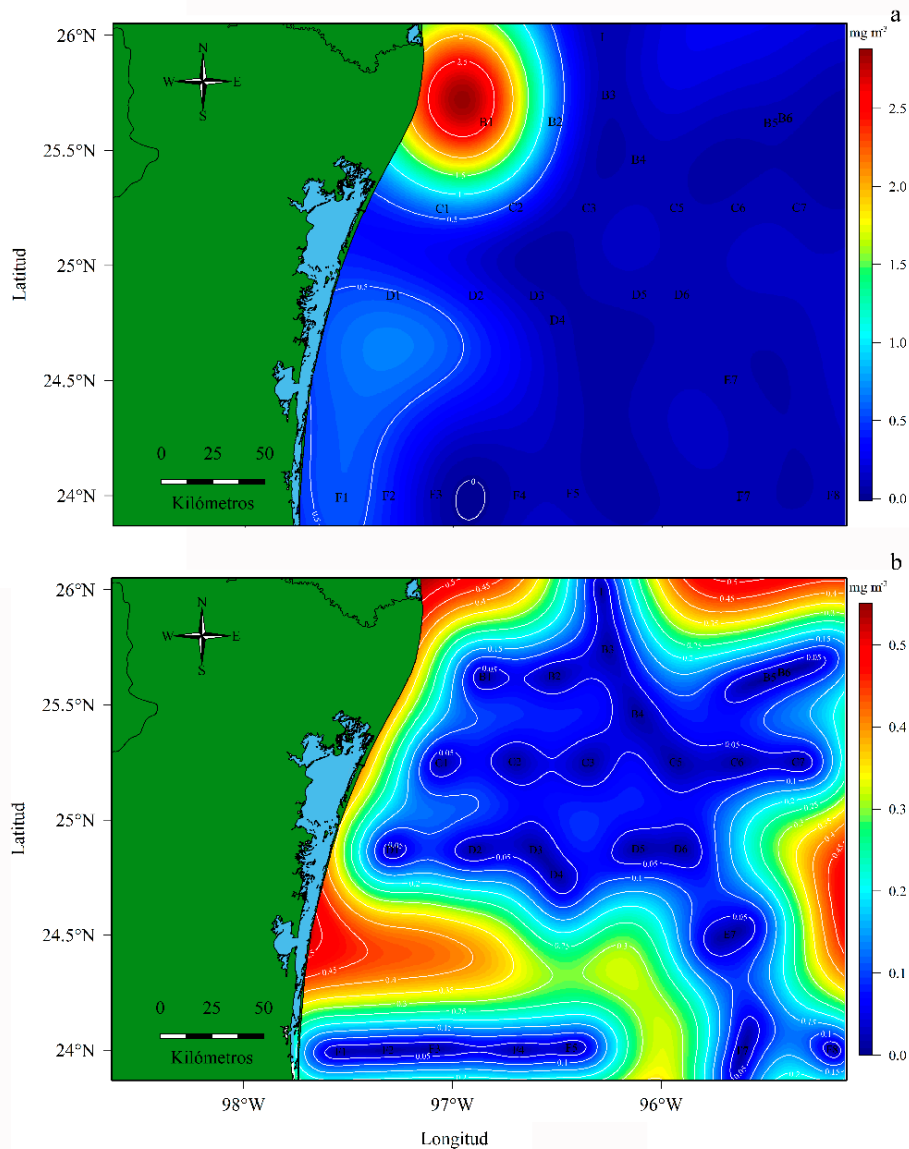


Figura 2.14. Clorofila (Chla) de fondo evaluada durante el crucero Perdido II (PII). a. Valores de clorofila estimados, b. Valores de desviación estándar.

La clorofila de fondo presentó un valor promedio de $0.25 \pm 0.08 \text{ mg m}^{-3}$, el valor más frecuente de la variable fue 0.073 mg m^{-3} registrado en 22 estaciones de muestreo, siendo el valor más bajo; mientras que el valor más elevado fue observado en la estación B1 (2.52 mg m^{-3} ; Figuras 2.14a-b). A través de los valores estimados fue posible observar valores elevados en el área somera del extremo norte, intermedios en la zona sur en el margen continental interno y bajos en la zona profunda (Figuras 2.14a-b).

En el CPP durante la evaluación realizada en el PII fue posible identificar la aparente presencia de 6 masas de agua (CGW, CSUW, WNACW, ENACW, AAIW y EASIW), con una mayor presencia de la WNACW en el rango de profundidad entre 453 m y 481m (Figuras 2.15a-b).

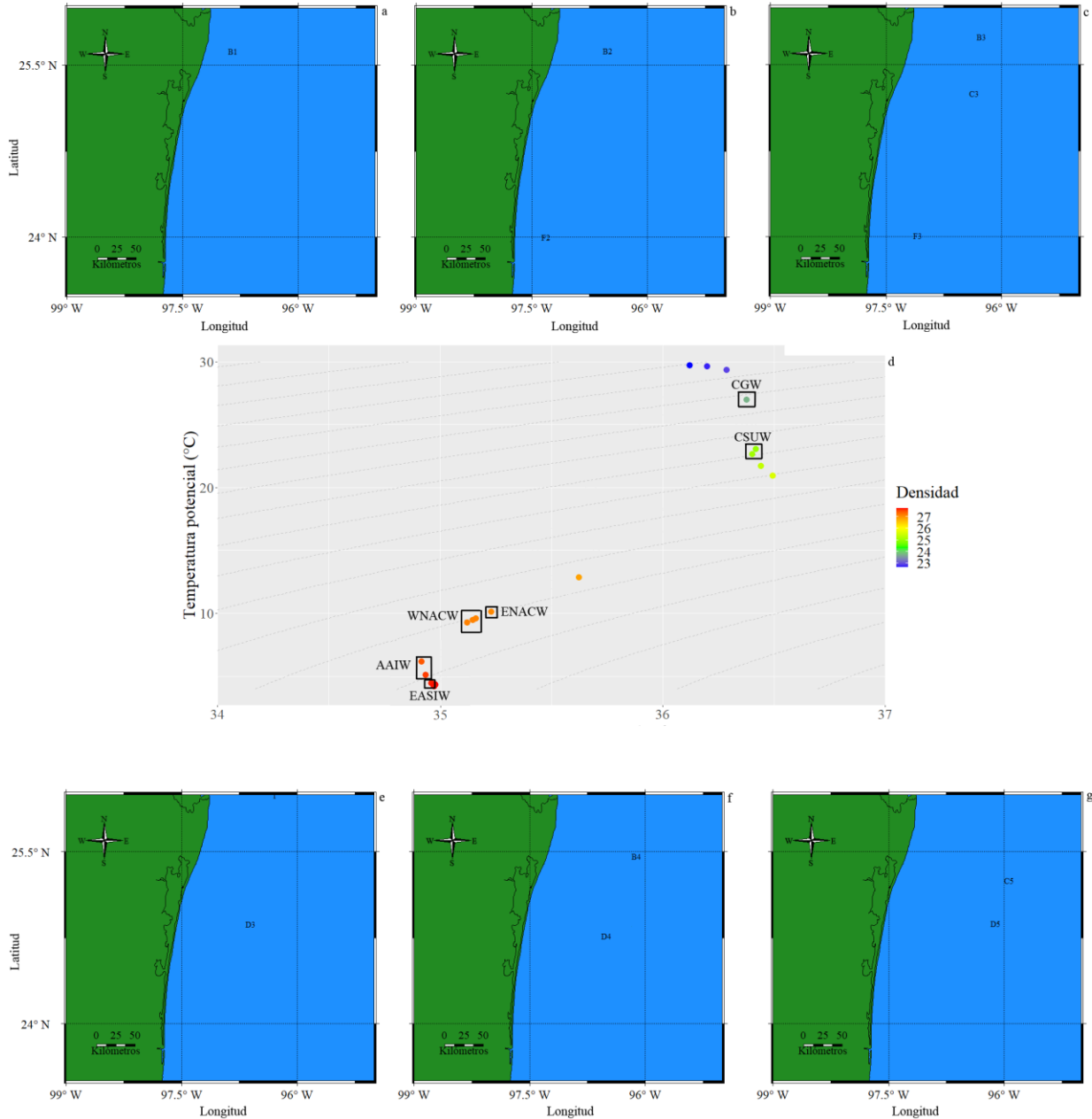


Figura 2.15. Masas de agua identificadas a partir de las variables oceanográficas de fondo medidas durante el crucero Perdido II (PII). a. Masa de agua común del GoM (CGW), b. Masa de agua subsuperficial subtropical del Caribe (CSUW), c. Masa de agua central del Atlántico noreste (WNACW), d. Diagrama T-S, e. Masa de agua central del atlántico noreste (ENACW), f. Masa de agua intermedia del Atlántico (AAIW), g. Masa de agua intermedia subártica del Atlántico este (EASIW).

En el crucero PIII los valores de temperatura de fondo fluctuaron entre 27.32 °C y 4.26 °C y presentaron un valor promedio de $10.70 \pm 1.48^\circ\text{C}$, siendo 4.28°C la moda, observado en tres estaciones (F4, C5 y D6; Figuras 2.16a-b). Las estaciones menos profundas exhibieron valores superiores a los 20°C , mientras que las áreas ubicadas por debajo de la isóbata de 100m presentaron valores inferiores a 10°C , las cuales representan el 76.5% del área evaluada (Figuras 2.16a-b).

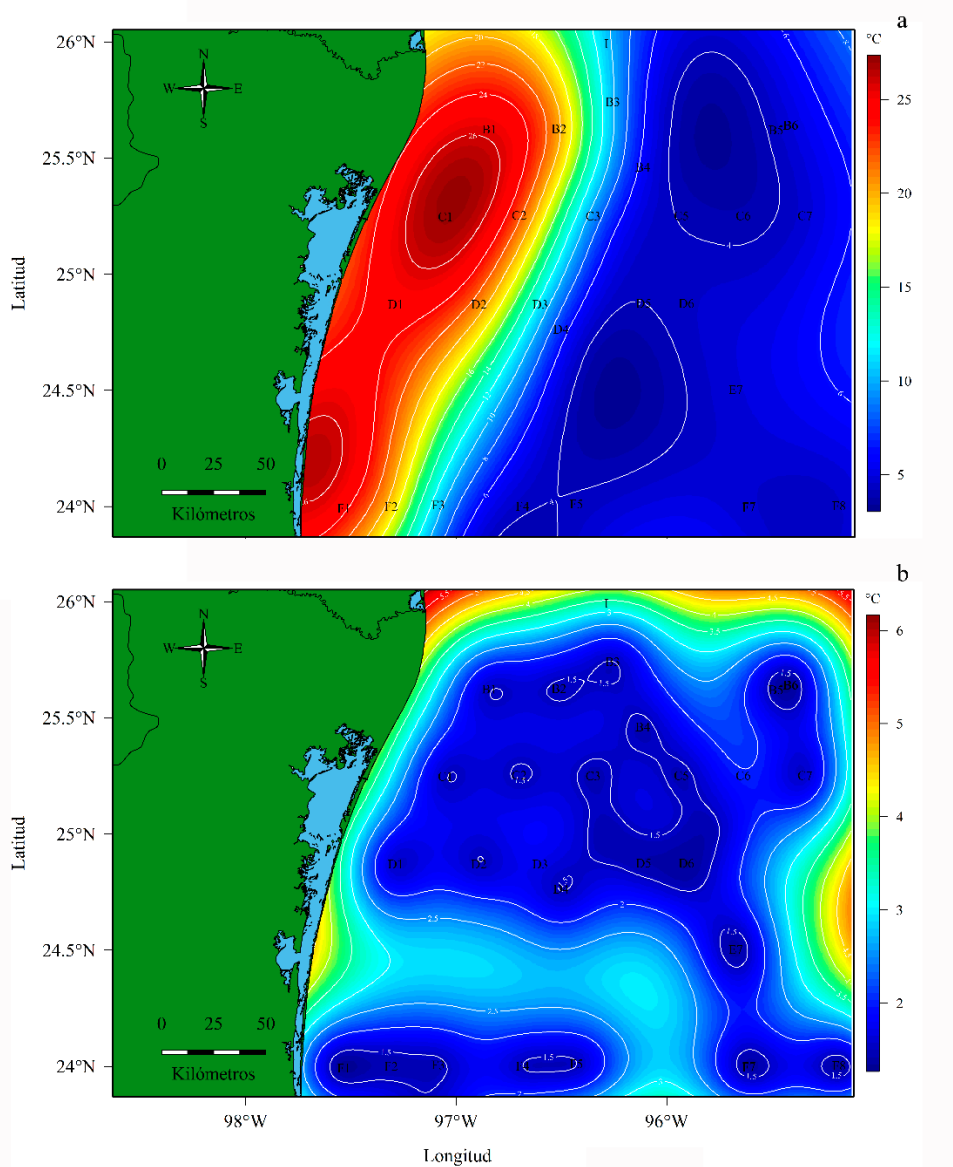


Figura 2.16. Temperatura de fondo del Cinturón Plegado Perdido (CPP) evaluada durante el crucero Perdido III (PIII). a. Valores de temperatura estimados, b. Valores de desviación estándar.

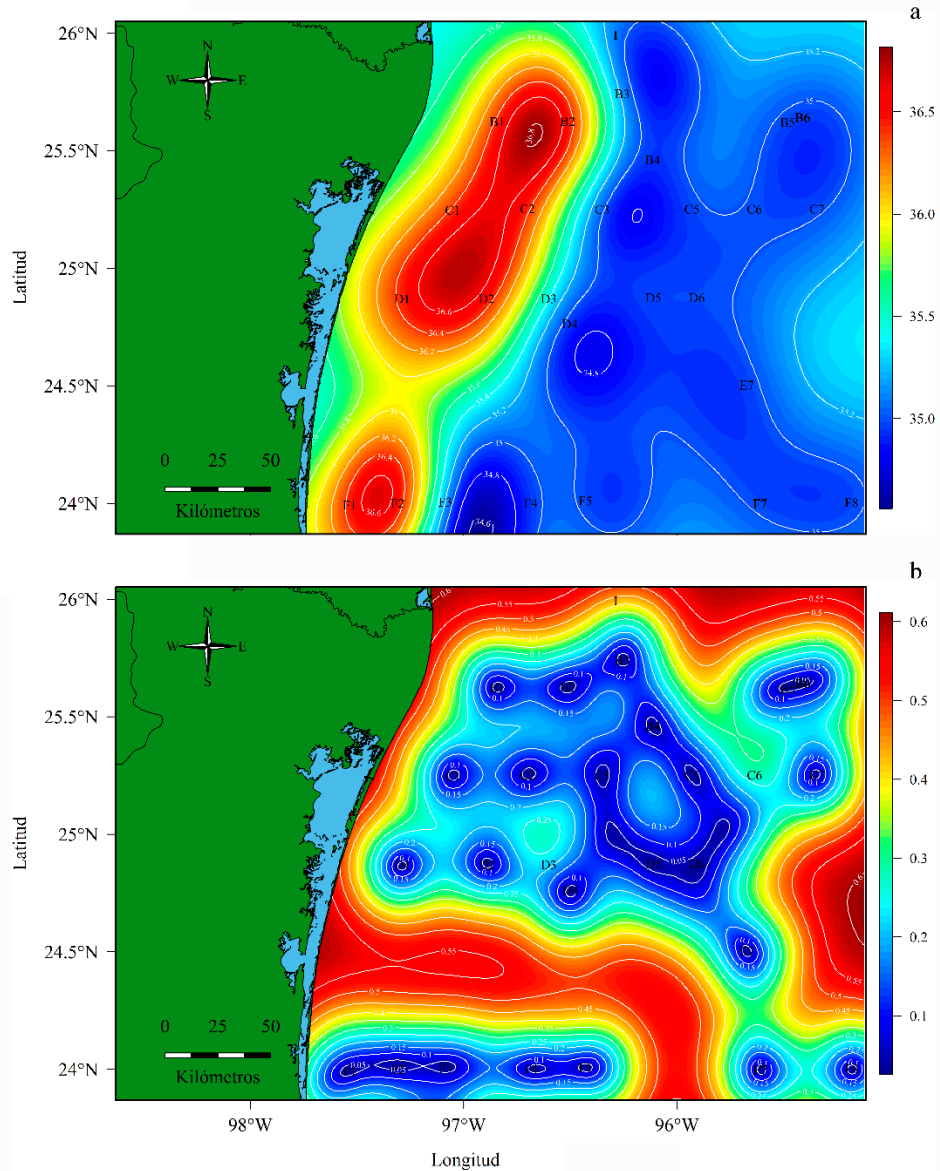


Figura 2.17. Salinidad de fondo del Cinturón Plegado Perdido (CPP) evaluada durante el crucero Perdido III (PIII). a. Valores de temperatura estimados, b. Valores de desviación estándar.

El valor promedio de salinidad de fondo fue 35.38 ± 0.12 , con rango de fluctuación entre 36.5 en la estación B2 y 34.9 en la estación B4 y una moda de 34.97, registrada en el 35% de las estaciones ubicadas en la zona profunda (Figuras 2.17a-b). A través del análisis de interpolación se estimó entre la zona somera y la intermedia un rango de fluctuación entre 36.8 y 36.0; mientras que las estaciones intermedias y las ubicadas a ~500 m fluctuaron entre 35.6 y 35.2. La zona profunda exhibió valores por debajo de 35.2 (Figuras 2.17a-b).

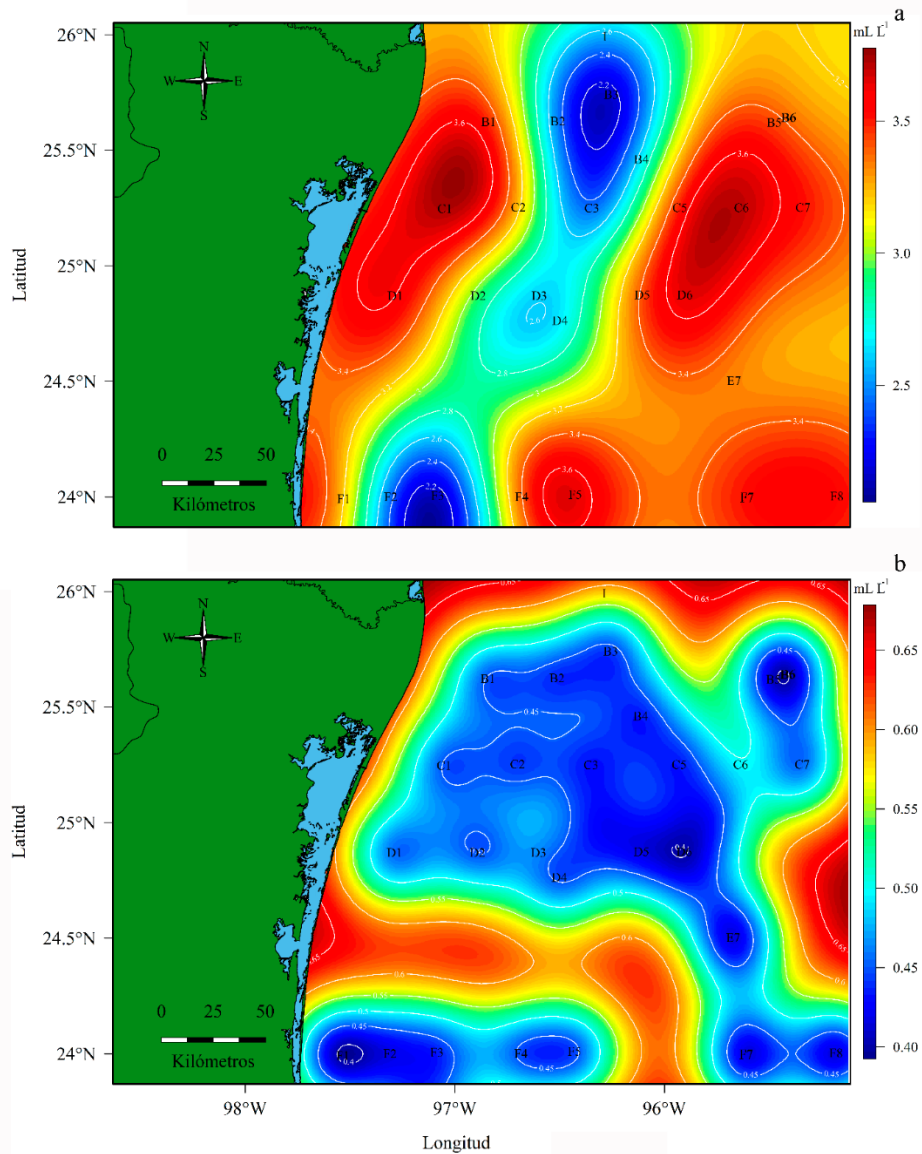


Figura 2.18. Oxígeno disuelto (OD) de fondo del Cinturón Plegado Perdido (CPP) evaluado durante el crucero Perdido III (PIII). a. Valores de oxígeno disuelto estimados, b. Valores de desviación estándar.

El valor promedio del OD de fondo fue $3.18 \pm 0.11 \text{ mL L}^{-1}$, su rango de fluctuación general estuvo entre 3.83 mL L^{-1} en la estación C1 y 1.82 mL L^{-1} en la estación B3; entre tanto, la moda fue 3.68 mL L^{-1} (estaciones D6 y F4; Figuras 2.18a-b). Los valores interpolados fluctuaron entre 3.6 mL L^{-1} y 3.4 mL L^{-1} en los extremos del derrotero, mientras que las estaciones intermedias presentaron valores de 3.2 mL L^{-1} y 3 mL L^{-1} y las ubicadas a $\sim 500 \text{ m}$ de profundidad exhibieron los valores más bajos (entre 2.8 mL L^{-1} y 2.2 mL L^{-1} ; Figuras 2.18a-b).

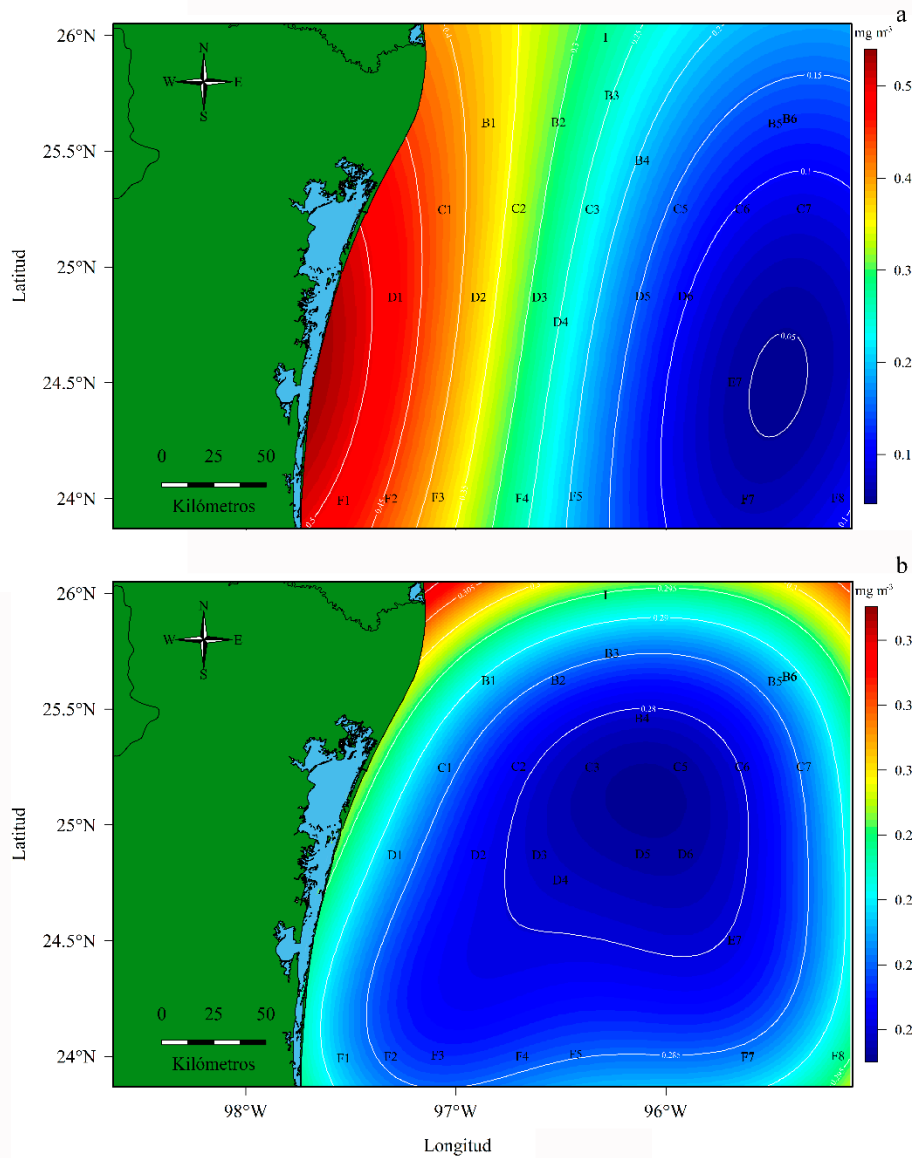


Figura 2.19. Clorofila (Chla) de fondo del Cinturón Plegado Perdido (CPP) evaluada durante el crucero Perdido III (PIII). a. Valores de clorofila estimados, b. Valores de desviación estándar.

El valor promedio de la clorofila fue $0.23 \pm 0.05 \text{ mg m}^{-3}$, el valor más alto se observó en la estación F5 (0.07 mg m^{-3}), mientras que el más bajo fue observado en la estación F1 (1.38 mg m^{-3} ; Figuras 2.19a-b). Los valores interpolados presentaron diferencias con los valores observados, siendo la única variable que exhibió dicha condición (Figuras 2.19a-b).

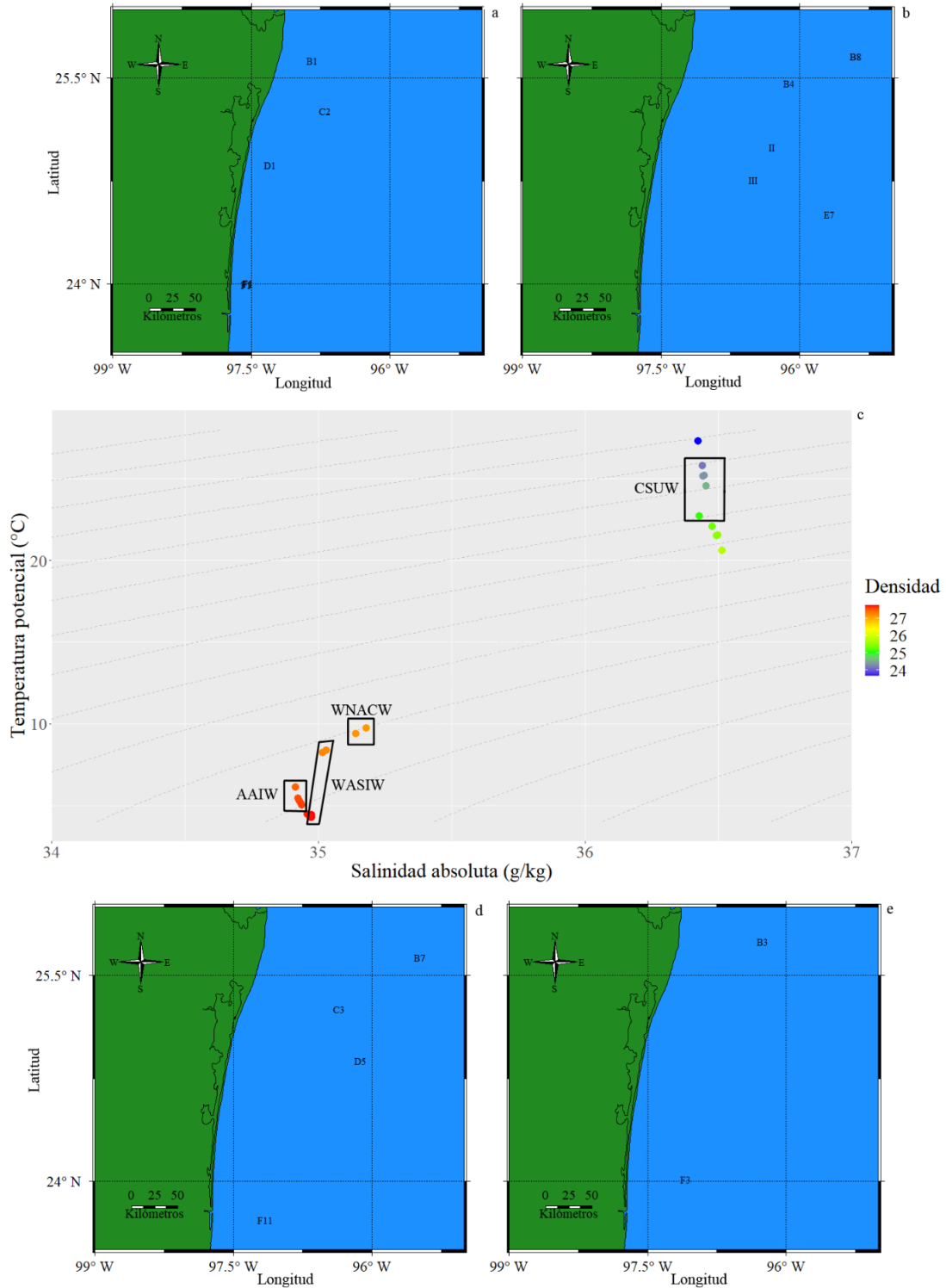


Figura 2.20. Masas de agua identificadas a partir de los valores de las variables oceanográficas de fondo medidas durante el crucero Perdido III (PIII). a. Masa de agua subsuperficial subtropical del Caribe (CSUW), b. Masa de agua de intermedia del Atlántico (AAIW), c. diagrama T-S, d. Masa de agua de intermedia subártica del Atlántico oeste (WASIW), e. Masa de agua central del Atlántico noreste (WNACW).

En el crucero PIII a partir de las variables oceanográficas medidas en fondo, fueron identificadas 4 masas de agua (CSUW, AAIW, WASIW y WNACW), con una presencia restringida de la CSUW a las estaciones cercanas a la línea de costa, mientras que la WASIW fue registrada en una mayor cantidad de estaciones (Figuras 2.20a-e).

Tabla 2.3. Modelos de distribución utilizados en los análisis de interpolación de las variables oceanográficas de fondo medidas durante los cruceros Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). Se presentan las variables evaluadas, los modelos de distribución, los valores de los criterios de información de akaike (AIC) y bayesiano (BIC) y la prueba estadística usada para establecer diferencias entre los valores observados y estimados.

Crucero	Variable	Modelo de distribución	AIC	BIC	Prueba estadística
PII	Temperatura	Cauchy	444	151.06	Mann-Whiney, $p = 0.93$
PII	Salinidad	Cauchy	13.88	17.89	Mann-Whiney, $p = 0.62$
PII	Oxígeno disuelto	Cúbico	34.95	39.95	Mann-Whiney, $p = 0.42$
PII	Clorofila	Gaussiano	0.95	4.95	Mann-Whiney, $p = 0.32$
PIII	Temperatura	Cúbico	185.74	190.46	Mann-Whiney, $p = 0.99$
PIII	Salinidad	Gaussiano	18.04	23.154	Mann-Whiney, $p = 0.54$
PIII	Oxígeno disuelto	Cúbico	66.31	71.03	Mann-Whiney, $p = 0.14$
PIII	Clorofila	Wave	23.14	27.87	Mann-Whiney, $p < 0.01$

En el CPP la concentración de Chla en fondo exhibió diferencias interanuales (Mann-Whitney, $Z=2.93$, $p < 0.003$), siendo la única variable oceanográfica de fondo que presentó dicho patrón (Anexo capítulo II, Tabla 9.2).

2.3.2 Fondos blandos y carbono de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y del Cinturón Plegado Perdido (CPP).

2.3.2.1 Evaluación Gomex

En los MEPY durante las dos campañas fue posible registrar una marcada presencia de arenas finas y medias, con escasa clasificación y una gran cantidad de tamaños de grano en las muestras; aunque con una tendencia hacia el exceso de granos finos, debido a la presencia de distribuciones aproximadamente simétricas, positivas y platicúrticas (Tabla 2.4). A su vez, no se presentó un patrón que permitiera establecer el gradiente de disminución en el tamaño de grano registrado en la parte interna del margen continental de Yucatán.

Los valores más elevados de carbono y materia orgánica almacenados en los sedimentos se registraron en las arenas finas de las estaciones A5 y I43 (0.9%, 1.2% y 2.0%), colectadas durante los cruceros GIV y GV. Los valores más bajos de dichas variables se presentaron el sector oeste en la campaña GV (Tabla 2.5).

En los MEPY las características granulométricas y porcentajes de sedimento entre evaluaciones no exhibieron diferencias temporales (Mann-Whitney, $p < 0.05$), patrón que fue consistente en los porcentajes de materia orgánica y carbono almacenado en los sedimentos (Mann-Whitney, $p < 0.05$).

2.3.2.2 Evaluación Perdido

En el CPP fue posible identificar la presencia de sedimentos dominados por arenas muy finas, con mayor contenido de arcillas que limos, aunque los porcentajes de estos últimos fueron muy bajos (Tabla 2.6). Los valores de carbono orgánico, carbono orgánico total y materia orgánica fueron naturalmente mayores a los registrados en los MEPY, siendo en términos generales más elevados los valores registrados en el crucero PII con respecto al observado en el crucero PIII (Tablas 2.4-2.6).

Esta zona se caracterizó por exhibir diferencias interanuales en las cantidades porcentuales de limos y arenas (Mann-Whitney; arenas, $Z = -2.25$, $p = 0.024$; limos, $Z = 3.39$, $p < 0.0001$), patrón contradictorio, ya que las concentraciones porcentuales de materia y carbono orgánicos en los sedimentos no exhibieron dichas diferencias.

Tabla 2.4. Características texturales de los sedimentos de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY), colectados durante los cruceros Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV). Tamaño medio de grano (Mz), mediana (Md), clasificación (σ_1), asimetría (Sk) y curtosis (kg). arenas gruesas= A.gruesas, arenas medias=A.medias, arenas muy finas=AM.finas, arenas finas=A.finas, muy pobremente clasificada= MP.clasificada, pobremente clasificada=P.clasificada, moderadamente clasificada=M.clasificada, aproximadamente simétrica=A.simétrica, muy positiva=M.positiva, muy leptocúrtica=M.leptocúrtica.

Crucero	Estación	Mz	Md	σ_1	Sk	kg				
GIV	G34	1.401	A.medias	1.24	1.879	P.clasificada	0.147	Positiva	0.745	Platicúrtica
GIV	H39	1.39	A.medias	1.238	2.095	MP.clasificada	0.177	Positiva	0.756	Platicúrtica
GIV	I43	2.836	A.finas	2.84	1.439	P.clasificada	-0.04	A.simétrica	0.882	Platicúrtica
GIV	L59	3.368	AM.finas	3.368	1.148	P.clasificada	-0.017	A.simétrica	0.97	Mesocúrtica
GIV	P78	1.511	A.medias	1.279	1.366	P.clasificada	0.241	Positiva	1.418	Leptocúrtica
GIV	P79	2.445	A.finas	1.993	1.214	P.clasificada	0.461	Muy positiva	0.808	Platicúrtica
GIV	P80	2.394	A.finas	2.192	1.375	P.clasificada	0.132	Positiva	0.871	Platicúrtica
GV	A3	2.522	A.finas	2.501	1.444	P.clasificada	-0.026	A.simétrica	0.827	Platicúrtica
GV	A4	0.76	A.gruesas	0.589	1.708	P.clasificada	0.263	Positiva	0.939	Mesocúrtica
GV	A5	2.423	A.finas	2.192	1.354	P.clasificada	0.198	Positiva	0.796	Platicúrtica
GV	B8	3.175	AM.finas	3.258	1.676	P.clasificada	-0.081	A.simétrica	0.919	Mesocúrtica
GV	F29	1.797	A.medias	1.553	1.461	P.clasificada	0.167	Positiva	1.728	M.leptocúrtica
GV	G341	2.029	A.finas	1.866	1.661	P.clasificada	0.076	A.simétrica	0.89	Platicúrtica
GV	G35	2.766	A.finas	2.74	1.379	P.clasificada	-0.002	A.simétrica	0.8	Platicúrtica
GV	H391	1.705	A.medias	1.512	1.726	P.clasificada	0.13	Positiva	0.873	Platicúrtica
GV	H40	1.962	A.medias	1.655	1.443	P.clasificada	0.236	Positiva	0.999	Mesocúrtica
GV	I431	2.775	A.finas	2.79	1.276	P.clasificada	-0.073	A.simétrica	0.84	Platicúrtica
GV	J48	2.554	A.finas	2.491	1.407	P.clasificada	0.019	A.simétrica	0.81	Platicúrtica
GV	L591	2.681	A.finas	2.69	1.422	P.clasificada	-0.111	Negativa	0.928	Mesocúrtica
GV	O75	2.271	A.finas	2.192	1.527	P.clasificada	0.027	A.simétrica	0.792	Platicúrtica
GV	P781	1.013	A.medias	0.88	0.982	M.clasificada	0.292	Positiva	1.464	Leptocúrtica
GV	P791	2.673	A.finas	2.571	1.213	P.clasificada	0.084	A.simétrica	0.761	Platicúrtica
GV	P801	1.789	A.medias	1.603	1.433	P.clasificada	0.144	Positiva	1.416	Leptocúrtica

Tabla 2.5. Cantidades porcentuales de las gravas, arenas, limos, carbono orgánico (Or.Car), carbono orgánico total (TOC) y materia orgánica (OM) de los sedimentos colectados en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY), durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV).

Crucero	Estación	Cantidades porcentuales (%)							
		Gravas	Gruesas	Medias	Gruesos	Medios	Or.Car	TOC	OM
GIV	G34	9.30	30.25	24.26	34.60	1.59	0.70	0.90	1.50
GIV	H39	14.45	26.87	23.78	28.22	6.69	0.30	0.40	0.80
GIV	I43	2.04	5.73	22.77	63.10	6.35	0.90	1.10	2.00
GIV	L59	0.51	2.77	5.28	82.79	8.65	0.40	0.50	0.90
GIV	P78	1.85	28.75	45.48	23.72	0.20	0.60	0.80	1.30
GIV	P79	0.31	3.38	46.73	46.53	3.04	0.30	0.40	0.60
GIV	P80	0.94	10.10	35.22	53.39	0.34	0.30	0.40	0.60
GV	A3	2.43	8.95	27.93	59.02	1.67	0.80	1.10	1.90
GV	A4	17.45	38.30	23.27	19.87	1.10	0.40	0.50	0.90
GV	A5	0.97	6.88	38.65	51.10	2.40	0.90	1.20	2.00
GV	B8	0.25	8.34	14.43	58.32	18.66	0.50	0.60	1.10
GV	F29	5.94	11.37	55.49	25.35	1.85	0.20	0.30	0.50
GV	G34	2.44	19.15	32.04	44.90	1.47	0.50	0.70	1.10
GV	G35	0.45	5.94	27.19	61.05	5.38	0.40	0.60	1.00
GV	H39	3.40	28.00	30.65	36.52	1.44	0.40	0.50	0.90
GV	H40	2.18	15.26	45.48	36.68	0.40	0.70	0.90	1.50
GV	I43	1.69	4.59	23.61	70.03	0.08	0.30	0.40	0.70
GV	J48	1.18	8.91	29.55	57.92	2.44	0.80	1.00	1.70
GV	L59	1.63	9.74	22.08	65.84	0.71	0.50	0.70	1.10
GV	O75	1.87	15.23	29.22	53.03	0.65	0.30	0.40	0.80
GV	P78	0.56	43.57	44.81	11.05	0.00	0.40	0.50	0.80
GV	P79	0.39	3.56	33.03	62.99	0.03	0.30	0.40	0.70
GV	P80	2.84	17.24	50.81	28.75	0.36	0.40	0.50	0.90

Tabla 2.6. Cantidades porcentuales de las gravas, arenas, limos, carbono orgánico (Or.Car), carbono orgánico total (TOC) y materia orgánica (OM) de los sedimentos colectados en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).

Crucero	Estación	Cantidad porcentual (%)					
		Arcillas	Limos	Arenas	Or.Car	TOC	OM
PII	B1	0.12	0.10	0.77	0.72	0.97	1.61
PII	B2	0.14	0.11	0.74	0.58	0.79	1.30
PII	C1	0.12	0.09	0.78	1.05	1.39	2.35
PII	C2	0.14	0.08	0.77	1.05	1.39	2.35
PII	C3	0.16	0.09	0.75	2.02	2.62	4.52
PII	D1	0.15	0.09	0.75	0.66	0.86	1.48
PII	D2	0.13	0.09	0.77	0.95	1.23	2.12
PII	D3	0.13	0.10	0.77	0.89	1.16	1.99
PII	F1	0.15	0.07	0.77	1.33	1.73	2.97
PII	F2	0.17	0.13	0.69	1.83	2.37	4.08
PIII	B1	0.17	0.06	0.77	0.72	0.93	1.60
PIII	B2	0.15	0.08	0.76	0.72	0.93	1.60
PIII	C1	0.12	0.09	0.78	0.79	1.02	1.76
PIII	C3	0.16	0.02	0.82	1.00	1.30	2.24
PIII	D1	0.16	0.03	0.81	0.74	0.96	1.65
PIII	D2	0.17	0.04	0.79	0.84	1.09	1.86
PIII	D3	0.15	0.03	0.81	0.59	0.77	1.33
PIII	F1	0.17	0.07	0.76	1.00	1.30	2.24
PIII	F2	0.15	0.00	0.85	0.93	1.21	2.08

2.3.3 Hidrocarburos almacenados en el sedimento

Durante los cruceros oceanográficos realizados en los MEPY fueron registrados hidrocarburos alifáticos y aromáticos, siendo la presencia de estos últimos irregular, debido a la naturaleza kárstica del suelo, las actividades económicas de las áreas urbanas, distancia a la línea de costa y transporte por parte de la corriente de Yucatán.

Entre los hidrocarburos aromáticos el fenantreno presentó el valor más alto y el que exhibió la menor concentración fue el 1-metilnaftaleno (Figuras 2.21e, h). Estos compuestos presentaron bajas concentraciones con respecto a los valores TEL, PEL, ERL, ERM y los reportados por agencias como la EPA y otros autores (Figuras 2.21 y 2.22); resultado que es importante teniendo en cuenta su procedencia petrogénica y fuentes no definidas por los índices de origen (Tabla 2.7). Al igual que los hidrocarburos aromáticos, los metales pesados almacenados en los sedimentos de

los MEPY exhibieron concentraciones menores a los límites de TEL, PEL y los propuestos por otros autores (Figura 2.23d-f, Anexo capítulo II Tablas 1.3 y 1.4).

En las dos campañas el compuesto alifático con más importante fue el *n*-C₁₉, mientras que el que exhibió menor concentración fue el *n*-C₁₀ (Anexo capítulo II Tablas 1.3 y 1.4). El conjunto de compuestos alifáticos presentes en los MEPY se caracterizó por provenir de fuentes heterogéneas, siendo mayoritariamente de origen biogénico alóctono y autóctono, con algunas fuentes petrogénicas (Tabla 2.8).

Tabla 2.7. Índices de origen de los hidrocarburos aromáticos acumulados en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY). Los valores corresponden a muestras colectadas durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV). Los índices calculados corresponden a las razones FNAnt= fenantreno/antraceno, AnAFn= antraceno/(antraceno+fenantreno), FNMFe= fenantreno/metilfenantreno, FltePir= fluoranteno/pireno y FIPiFI= fluoranteno / (pireno + fluoranteno). Fuentes: petrogénico (petr), pirogénico (pir), orgánico (org), indeterminado (ask).

Crucero	Estación	FNAnt	AnAFn	FNMFe	FltePir	FIPiFI
GIV	G34	78.21 petr	0.01 petr	11.90 Ask	0.10 petr	0.09 petr
GIV	H39	2582.00 petr	0.00 petr	103.28 Ask	0.04 petr	0.04 petr
GIV	I43	46.48 petr	0.02 petr	72.05 Ask	1.19 pir	0.54 org
GIV	L59	0.29 pir	0.78 pir	0.50 Ask	4.00 pir	0.80 org
GIV	P78	2.00 pir	0.33 pir	0.13 Petr	0.02 petr	0.02 petr
GIV	P79	0.11 pir	0.90 pir	2.00 Ask	14.00 pir	0.93 org
GIV	P80	3168.32 petr	0.00 petr	68.09 Ask	0.03 petr	0.03 petr
GV	A3	4.67 petr	0.18 pir	1.67 Petr	0.29 petr	0.22 petr
GV	A4	6.92 petr	0.13 pir	2.12 Ask	0.28 petr	0.22 petr
GV	A5	5.32 petr	0.16 pir	1.83 Ask	0.33 petr	0.25 petr
GV	B8	5.02 petr	0.17 pir	2.13 Ask	0.32 petr	0.24 petr
GV	F29	2.21 pir	0.31 pir	1.03 Petr	0.24 petr	0.19 petr
GV	G34	4.13 petr	0.19 pir	1.32 Petr	0.26 petr	0.21 petr
GV	G35	90.85 petr	0.01 petr	2.65 Ask	0.20 petr	0.17 petr
GV	H39	104.97 petr	0.01 petr	1.78 Ask	0.20 petr	0.17 petr
GV	H40	3.24 petr	0.24 pir	2.00 Petr	0.22 petr	0.18 petr
GV	I43	1.20 pir	0.45 pir	4.82 Petr	0.10 petr	0.09 petr
GV	J48	26.98 petr	0.04 petr	4.16 Ask	0.15 petr	0.13 petr
GV	L59	3.87 petr	0.21 pir	1.30 Petr	0.24 petr	0.20 petr
GV	O75	35.22 petr	0.03 petr	0.65 Ask	0.05 petr	0.05 petr
GV	P78	27.41 petr	0.04 petr	0.47 Ask	0.08 petr	0.07 petr
GV	P79	25.24 petr	0.04 petr	0.46 Ask	0.07 petr	0.07 petr
GV	P80	16.12 petr	0.06 petr	0.30 Ask	0.12 petr	0.10 petr

Tabla 2.8. Índices de origen de los hidrocarburos alifáticos presentes en los sedimentos de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY), durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV). Los índices calculados fueron PrFt= pristano/fitano, C17Pr= n-C₁₇/pristano, C18Ft= n- C₁₈/fitano, PrFtC17= (pristano+fitano)/ n- C₁₇, C17C29= n- C₁₇/ n- C₂₉, C31C19= n- C₃₁/ n- C₁₉, C29C31= n- C₂₉/ n- C₃₁, ICP= 2(n-C₂₇+n-C₂₉)/(n-C₂₆+2(n-C₂₈) + n-C₃₀) , ALH= (compuestos menores a n-C₂₀) / (compuestos mayores a n-C₂₁). Fuentes: biogénico (bio), antropogénico (antr), petróleo fresco (f.petr), petróleo degradado (d.petr), marino (mar), continental (cont), terrestre (land), atmosférico (atm), platas vasculares (v.plt), petróleo (petr), petróleo reciente (r.petr), bacterias con plantas superiores y animales marinos (bpm).

Crucero	Estación	PrFt		C17Pr		C18Ft		PrFtC17		C17C29		C31C19		C29C31		ICP		ALH	
GIV	G34	5.50	Bio	494.64	f.petr	1211.00	f.petr	0.00	f.petr	1.79	mar	0.66	land	1.38	atm	4.58	v.plt	2.19	r.petr
GIV	H39	5.50	Bio	106.00	f.petr	1.50	f.petr	0.01	f.petr	0.37	cont	0.91	land	1.20	atm	1.95	petr	0.34	bpm
GIV	I43	5.50	Bio	138.18	f.petr	1.50	f.petr	0.01	f.petr	0.81	cont	0.36	land	0.72	land	2.16	mix	0.40	bpm
GIV	L59	0.44	Antr	1.67	f.petr	0.67	d.petr	1.95	d.petr	5.85	mar	0.04	mar	1.21	atm	1.16	petr	0.89	bpm
GIV	P78	5.50	bio	1254.45	f.petr	1329.50	f.petr	0.00	f.petr	811.71	mar	0.05	mar	0.01	land	1.62	petr	2.06	r.petr
GIV	P79	0.00	antr	626.09	f.petr	0.86	d.petr	0.75	f.petr	405.12	mar	2.66	land	0.00	land	0.02	petr	1.12	petr
GIV	P80	5.50	bio	0.45	d.petr	1.50	f.petr	2.60	d.petr	0.01	cont	0.47	land	0.31	land	46.58	petr	0.45	bpm
GV	A3	0.099	antr	1.86	f.petr	0.17	d.petr	5.96	d.petr	1.69	mar	1.31	land	0.45	land	0.85	petr	0.88	bpm
GV	A4	2.085	bio	1.26	f.petr	4.26	f.petr	1.17	d.petr	2.31	mar	0.11	mar	0.46	land	0.80	petr	1.39	petr
GV	A5	2.591	bio	0.93	d.petr	4.26	f.petr	1.50	d.petr	1.19	mar	7.98	land	0.28	land	0.80	petr	0.43	bpm
GV	B8	6.318	bio	1.26	f.petr	10.37	f.petr	0.92	f.petr	2.23	mar	1.01	land	0.40	land	1.11	petr	0.52	bpm
GV	F29	0.160	antr	9.93	f.petr	3.22	f.petr	0.73	f.petr	0.62	cont	167.84	land	0.21	land	0.61	petr	0.12	bpm
GV	G34	6.688	bio	0.01	d.petr	4.17	f.petr	224.60	d.petr	0.00	cont	1.27	land	2.15	atm	3.65	v.plt	0.28	bpm
GV	G35	93.002	bio	6.22	f.petr	1.37	f.petr	0.16	f.petr	0.68	cont	3.10	land	1.10	atm	3.93	v.plt	0.22	bpm
GV	H39	5.657	bio	130.02	f.petr	1.37	f.petr	0.01	f.petr	5.11	mar	2.82	land	0.25	land	0.59	petr	0.16	bpm
GV	H40	3.518	bio	6.32	f.petr	0.04	d.petr	0.20	f.petr	0.61	cont	2.95	land	1.74	atm	3.35	v.plt	0.19	bpm
GV	I43	5.657	bio	189.38	f.petr	1.37	f.petr	0.01	f.petr	36.80	mar	0.34	land	0.11	land	0.32	petr	0.30	bpm
GV	J48	5.657	bio	164.19	f.petr	1.37	f.petr	0.01	f.petr	17.18	mar	92.14	land	0.22	land	3.25	v.plt	0.16	bpm
GV	L59	10.522	bio	1.85	f.petr	2.94	f.petr	0.59	f.petr	8.77	mar	0.55	land	0.61	land	1.25	petr	0.51	bpm
GV	O75	491.547	bio	0.15	d.petr	77.85	f.petr	6.69	d.petr	0.28	cont	4.06	land	0.71	land	1.24	petr	0.20	bpm
GV	P78	358.716	bio	0.87	d.petr	117.27	f.petr	1.15	d.petr	4.59	mar	0.45	land	0.49	land	0.53	petr	0.23	bpm
GV	P79	0.200	antr	1.26	f.petr	0.08	d.petr	4.77	d.petr	42.36	mar	15.37	land	0.02	land	5.21	v.plt	0.43	bpm
GV	P80	5.657	bio	102.28	f.petr	63.17	f.petr	0.01	f.petr	2.21	mar	1.59	land	0.76	land	3.69	v.plt	0.32	bpm

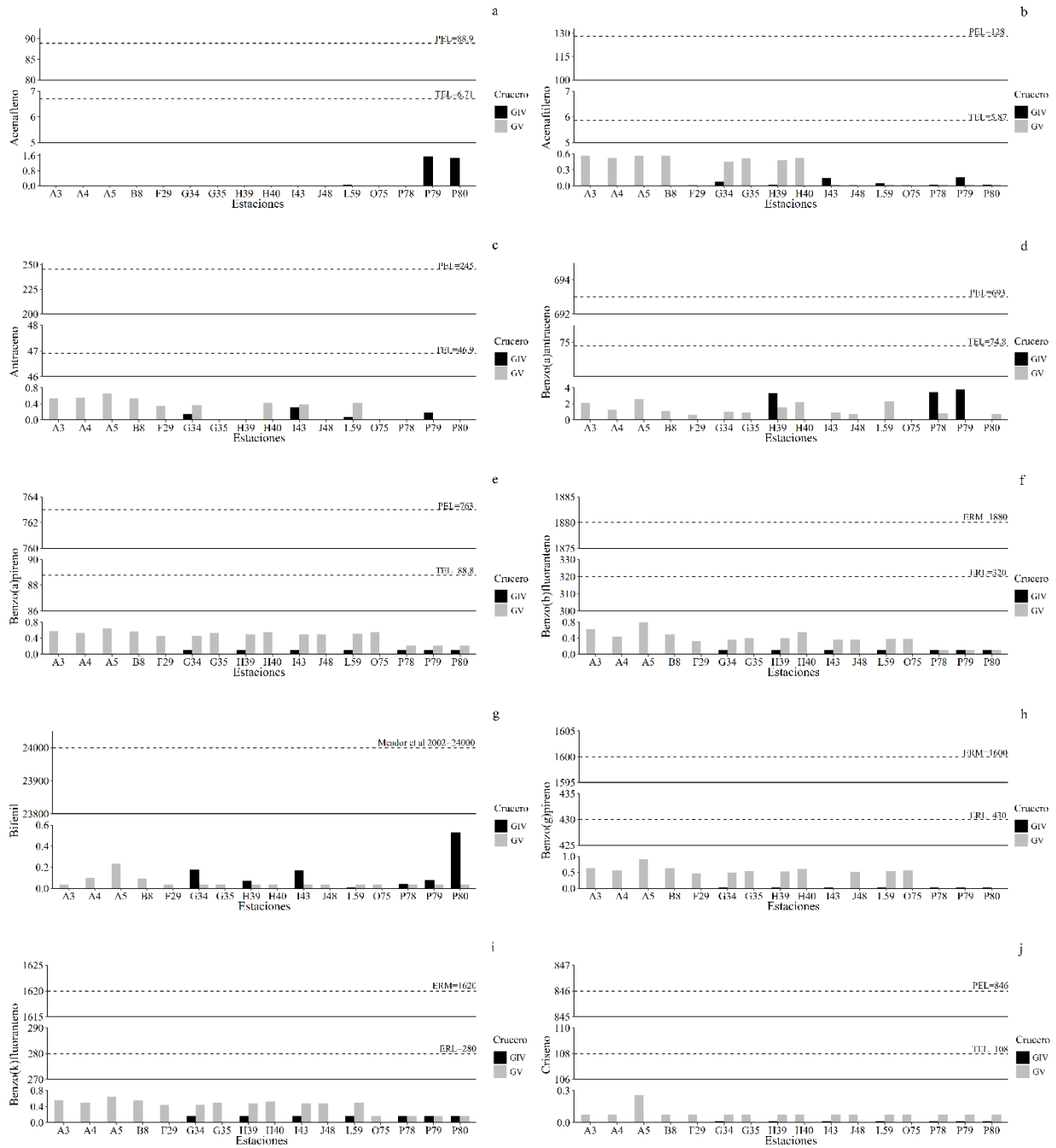


Figura 2.21. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, y ERL. a. Acenafteño (AcNte), b. Acenafileno (AcNti), c. Antraceno (Ant), d. Benzo(a)antraceno (BAAnt), e. Benzo(a)pireno (BAPir), f. Benzo(b)fluoranteno (BBFI), g. Bifenilo (Bfe), h. Benzo(g)pireno (BGPir), i. Benzo(k)fluoranteno (BKFI), j. Criseno (Cri).

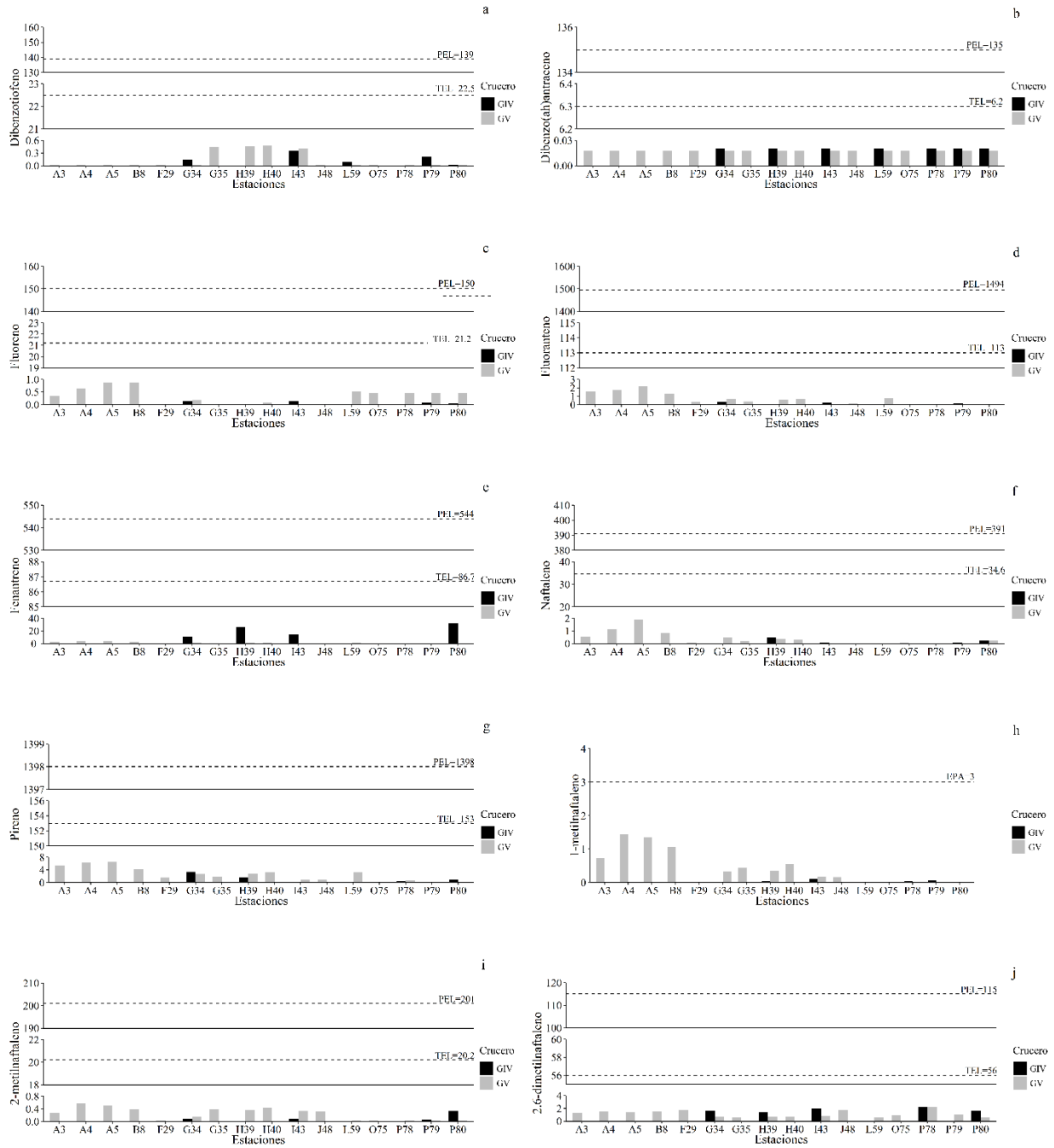


Figura 2.22. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, ERL y valores reportados por la EPA. a. Dibenzotiofeno (DBZ), b. Dibenzo(ah)antraceno (BAHAn), c. Fluoreno (Fl), d. Fluoranteno (Flte), e. Fenantreno (FNan), f. Naftaleno (Naf), g. Pireno (Pir), h. 1-metilnaftaleno (1MNaf), i. 2-metilnaftaleno (2MNaf), j. 2,6-dimetilnaftaleno (2,6DMNaf).

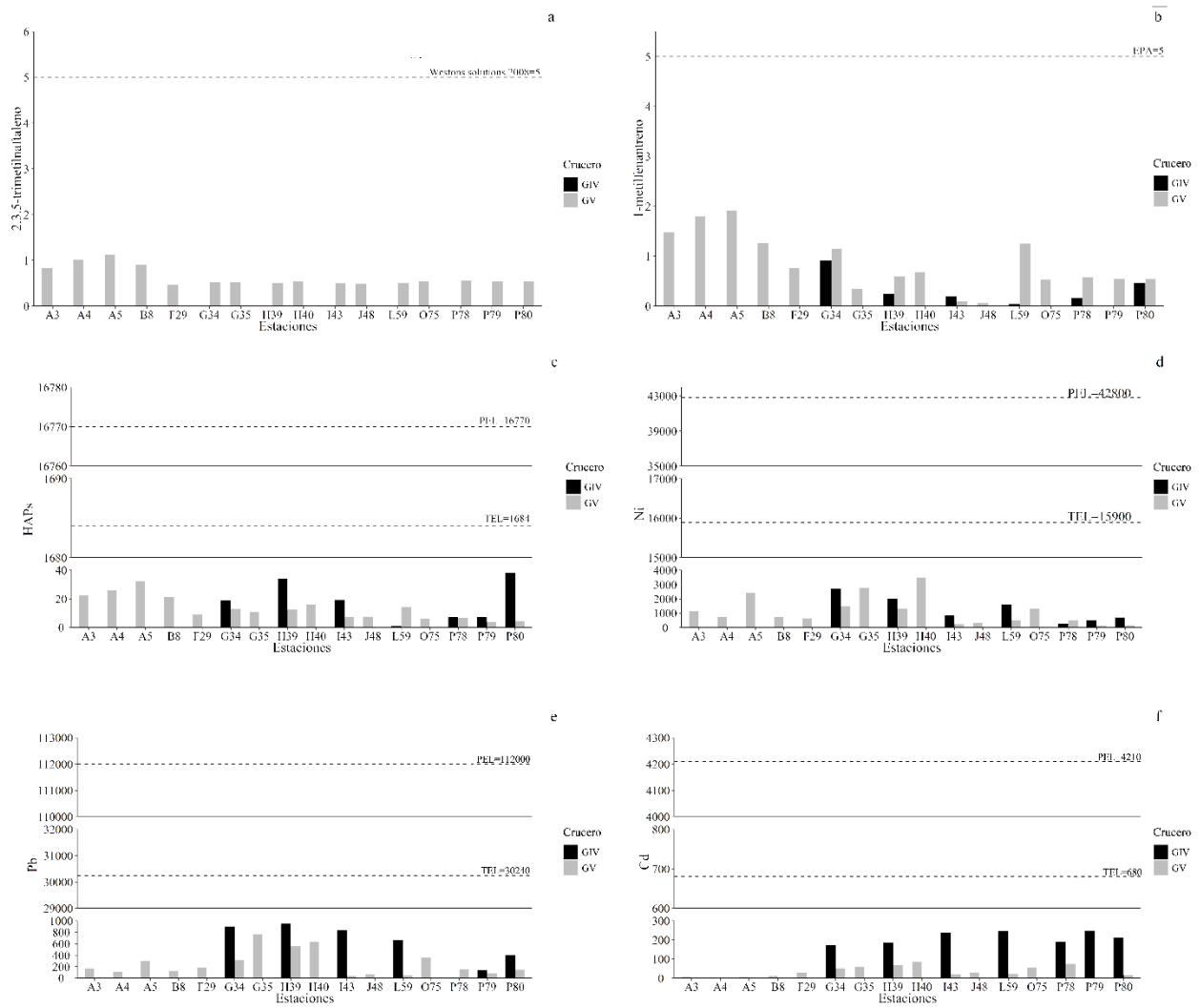


Figura 2.23. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, ERL, limites reportados por la EPA u otros autores. a. 2,3,5-trimetilnaftaleno (2,3,5-TMNaf), b. 1-metilfenantreno (1MFNan), c. hidrocarburos aromáticos totales (PAHs), d. Níquel (Ni), e. Plomo (Pb), f. Cadmio (Cd).

2.3.3.1 Evaluación Perdido

En el CPP los hidrocarburos aromáticos en su mayoría fueron aportados por fuentes petrogénicas, con la presencia de fuentes pirogénicas e indeterminadas, siendo escasa presencia orgánica (Tabla 2.9) y exhibiendo concentraciones menores a los valores de referencia. El compuesto que exhibió mayores concentraciones fue el perileno, mientras que el acenafteno presentó las más bajas (Figuras 2.24 y 2.25; Anexo capítulo II Tablas 1.5 y 1.6). Entre tanto, los metales pesados presentaron valores superiores a los niveles TEL (Figuras 2.26 y 2.28), con excepción del Cd que exhibió concentraciones inferiores a $300 \mu\text{g kg}^{-1}$. Los valores aportados por el índice RI permitieron establecer un bajo riesgo ecológico para la fauna megabentónica distribuida en los fondos sedimentarios del CPP (Figura 2.27).

Tabla 2.9. Índices de origen de los hidrocarburos aromáticos acumulados en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido (PIII). Los índices calculados corresponden a las razones FNAnt= fenantreno/antraceno, AnAFn= antraceno/(antraceno + fenantreno), FNMFe = fenantreno/metilfenantreno, FltePir = fluoranteno/pireno y FIPiFI = fluoranteno / (pireno + fluoranteno). Fuentes: petrogénico (petr), pirogénico (pir), orgánico (org), indeterminado (ask).

Crucero	Estación	FNAnt	AnAFn	FNMFe	FltePir	FIPiFI					
PII	B1	4.44	petr	0.18	pir	4.51	petr	0.70	petr	0.41	Petr
PII	B2	4.39	petr	0.19	pir	7.96	petr	1.03	pir	0.51	Org
PII	C1	4.37	petr	0.19	pir	5.73	petr	0.83	petr	0.45	Petr
PII	C2	4.41	petr	0.18	pir	5.54	petr	0.72	petr	0.42	Petr
PII	C3	7.99	petr	0.11	pir	9.46	ask	1.33	pir	0.57	Org
PII	D1	9.71	petr	0.09	petr	9.60	ask	0.83	petr	0.45	Petr
PII	D2	14.73	petr	0.06	petr	6.60	ask	0.75	petr	0.43	Petr
PII	D3	15.00	petr	0.06	petr	9.44	ask	0.89	petr	0.47	Petr
PII	F1	11.31	petr	0.08	petr	17.48	ask	1.02	pir	0.50	Org
PII	F2	7.45	petr	0.12	pir	7.88	ask	0.90	petr	0.47	Petr
PIII	B1	9.29	petr	0.1	petr	3.945	ask	0.55	petr	0.35	Petr
PIII	B2	24.39	petr	0.04	petr	9.032	ask	0.6	petr	0.37	Petr
PIII	C1	3.46	petr	0.22	pir	4.16	petr	0.73	petr	0.42	Petr
PIII	C3	4.766	petr	0.17	pir	5.584	petr	0.75	petr	0.43	Petr
PIII	D1	2.85	pir	0.26	pir	4.157	petr	0.91	petr	0.48	Petr
PIII	D2	5.674	petr	0.15	pir	3.611	ask	0.66	petr	0.4	Petr
PIII	D3	4.365	petr	0.19	pir	14.19	petr	0.77	petr	0.44	Petr
PIII	F1	15.2	petr	0.06	petr	3.847	ask	0.51	petr	0.34	Petr
PIII	F2	3.389	petr	0.23	pir	5.488	petr	0.86	petr	0.46	Petr

Los hidrocarburos alifáticos del CPP presentaron mayores concentraciones a las registradas en los MEPY, el compuesto que exhibió mayor concentración fue el *n*-C₂₉, mientras que el *n*-C₁₀ presentó menores concentraciones en esta zona (Anexo capítulo II Tablas 1.5 y 1.6). Dichos compuestos fueron de naturaleza mixta, donde la presencia de fuentes biogénicas marinas y continentales,

interactúan con fuentes antropogénicas que no se limitaron a las estaciones ubicadas en la plataforma (Tabla 2.10).

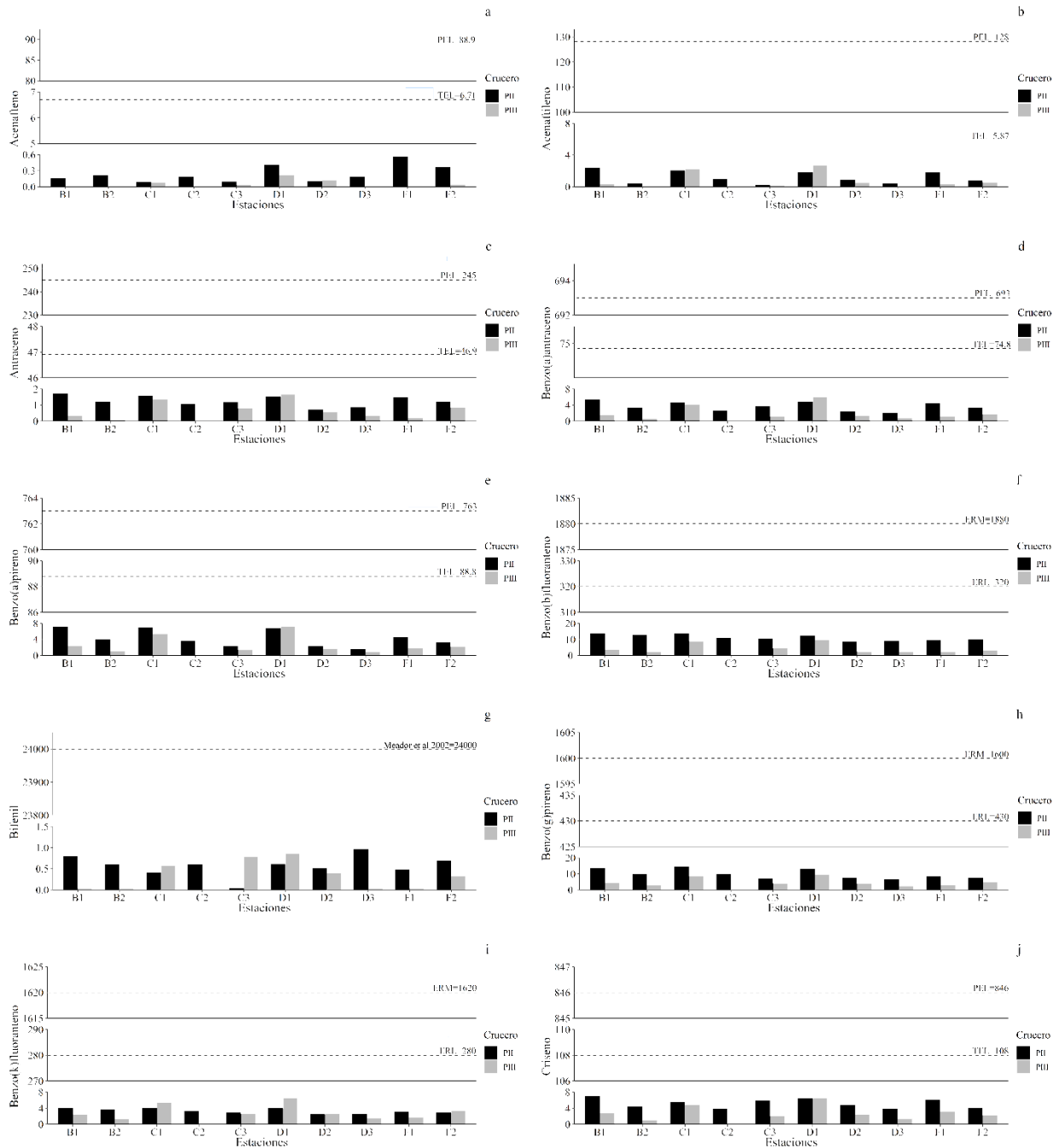


Figura 2.24. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos del Cinturón Plegado Perdido (CPP) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, y ERL. a. Acenafteño (AcNte), b. Acenaftileno (AcNti), c. Antraceno (Ant), d. Benzo(a)antraceno (BAAnt), e. Benzo(a)pireno (BAPir), f. Benzo(b)fluoranteno (BBFI), g. Bifenilo (Bfe), h. Benzo(g)pireno (BGPir), i. Benzo(k)fluoranteno (BKFI), j. Criseno (Cri).

Tabla 2.10. Índices de origen de los hidrocarburos alifáticos presentes en los sedimentos del Cinturón Plegado Perdido (CPP), durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). Los índices calculados fueron PrFt= pristano/fitano, C17Pr= n-C₁₇/pristano, C18Ft= n- C₁₈/fitano, PrFtC17= (pristano+fitano)/ n- C₁₇, C17C29= n- C₁₇/ n- C₂₉, C31C19= n- C₃₁/ n- C₁₉, C29C31= n- C₂₉/ n- C₃₁, ICP= 2(n-C₂₇+n-C₂₉)/(n-C₂₆+2(n-C₂₈) + n-C₃₀) , ALH= (compuestos menores a n-C₂₀) / (compuestos mayores a n-C₂₁). . Fuentes: biogénico (bio), antropogénico (antr), petróleo fresco (f.petr), petróleo degradado (d.petr), marino (mar), continental (cont), terrestre (land), atmosférico (atm), plastas vasculares (v.plt), petróleo (petr), petróleo reciente (r.petr), bacterias con plastas superiores y animales marinos (bpm).

Crucero	Estación	PrFt		C17Pr		C18Ft		PrFtC17		C17C29		C31C19		C29C31		ICP		ALH	
PII	B1	0.55	antr	6.42	f.petr	0.87	d.petr	0.44	f.petr	0.21	cont	1.59	land	2.89	atm	3.42	v.plt	0.47	r.petr
PII	B2	0.01	antr	147.50	f.petr	0.61	d.petr	0.46	f.petr	0.61	cont	3.24	land	0.50	land	1.75	petr	0.40	petr
PII	C1	0.11	antr	29.17	f.petr	1.44	f.petr	0.34	f.petr	0.11	cont	4.94	land	0.75	land	3.29	v.plt	0.33	bpm
PII	C2	1.41	bio	5.68	f.petr	2.21	f.petr	0.30	f.petr	0.81	cont	2.03	land	0.52	land	4.18	v.plt	0.55	petr
PII	C3	1.09	bio	13.27	f.petr	3.68	f.petr	0.14	f.petr	97.89	mar	0.65	land	0.02	land	3.00	mix	0.55	petr
PII	D1	10.42	bio	1.94	f.petr	3.37	f.petr	0.56	f.petr	2.66	mar	2.04	land	0.37	land	0.56	petr	0.93	bpm
PII	D2	7.92	bio	1.67	f.petr	3.25	f.petr	0.67	f.petr	3.67	mar	1.10	land	0.32	land	1.63	petr	1.14	r.petr
PII	D3	26.58	bio	0.82	d.petr	5.18	f.petr	1.27	d.petr	0.35	cont	1.04	land	3.98	atm	3.92	v.plt	0.82	r.petr
PII	F1	5.37	bio	1.89	f.petr	2.57	f.petr	0.63	f.petr	2.71	mar	0.68	land	0.46	land	1.93	petr	0.94	petr
PII	F2	8.53	bio	1.16	f.petr	2.10	f.petr	0.97	f.petr	6.35	mar	29.46	land	0.17	land	2.44	mix	0.71	petr
PIII	B2	1.26	bio	1.71	f.petr	3.49	f.petr	1.05	d.petr	0.20	cont	2.28	land	0.82	land	4.14	v.plt	0.43	bpm
PIII	D3	1.27	bio	1.97	f.petr	3.41	f.petr	0.90	f.petr	0.16	cont	3.54	land	0.76	land	4.15	v.plt	0.37	bpm
PIII	F1	1.24	bio	2.16	f.petr	3.95	f.petr	0.84	f.petr	0.38	cont	1.07	land	0.81	land	3.98	v.plt	0.55	petr
PIII	B1	1.04	bio	1.88	f.petr	4.41	f.petr	1.04	d.petr	0.38	cont	0.97	land	0.75	land	3.95	v.plt	0.80	petr
PIII	C3	0.01	antr	286.25	f.petr	3.63	f.petr	0.26	f.petr	0.23	cont	2.80	land	0.78	land	10.84	petr	0.30	bpm
PIII	D2	0.98	antr	1.79	f.petr	3.08	f.petr	1.13	d.petr	0.21	cont	1.37	land	0.75	land	4.01	v.plt	0.44	bpm
PIII	F2	0.68	antr	3.50	f.petr	2.82	f.petr	0.70	f.petr	0.09	cont	10.11	land	0.76	land	4.15	v.plt	0.13	bpm
PIII	C1	1.06	bio	1.97	f.petr	3.68	f.petr	0.99	f.petr	0.16	cont	1.87	land	0.75	land	4.12	v.plt	0.26	bpm
PIII	D1	0.01	antr	269.13	f.petr	2.59	f.petr	0.30	f.petr	0.20	cont	2.57	land	0.75	land	7.16	petr	0.28	bpm

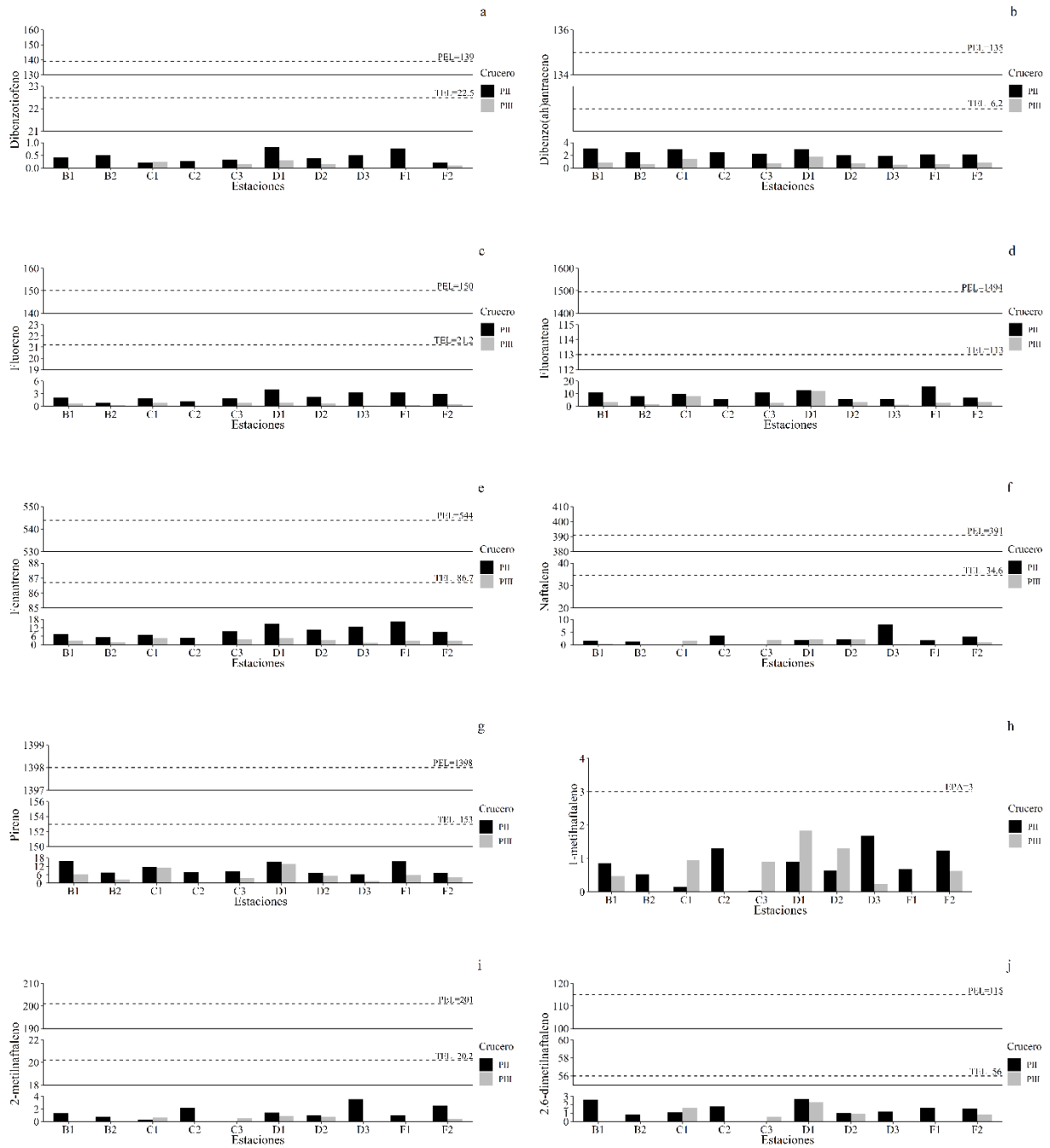


Figura 2.25. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos del Cinturón Plegado Perdido (CPP) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, ERL y valores reportados por la EPA. a. Dibenzotiofeno (DBZ), b. Dibenzo(ah)antraceno (BAhAn), c. Fluoreno (Fl), d. Fluoranteno (Flte), e. Fenantreno (FNan), f. Naftaleno (Naf), g. Pireno (Pir), h. 1-metilnaftaleno (1MNaf), i. 2-metilnaftaleno (2MNaf), j. 2,6-dimetilnaftaleno (2,6DMNaf).

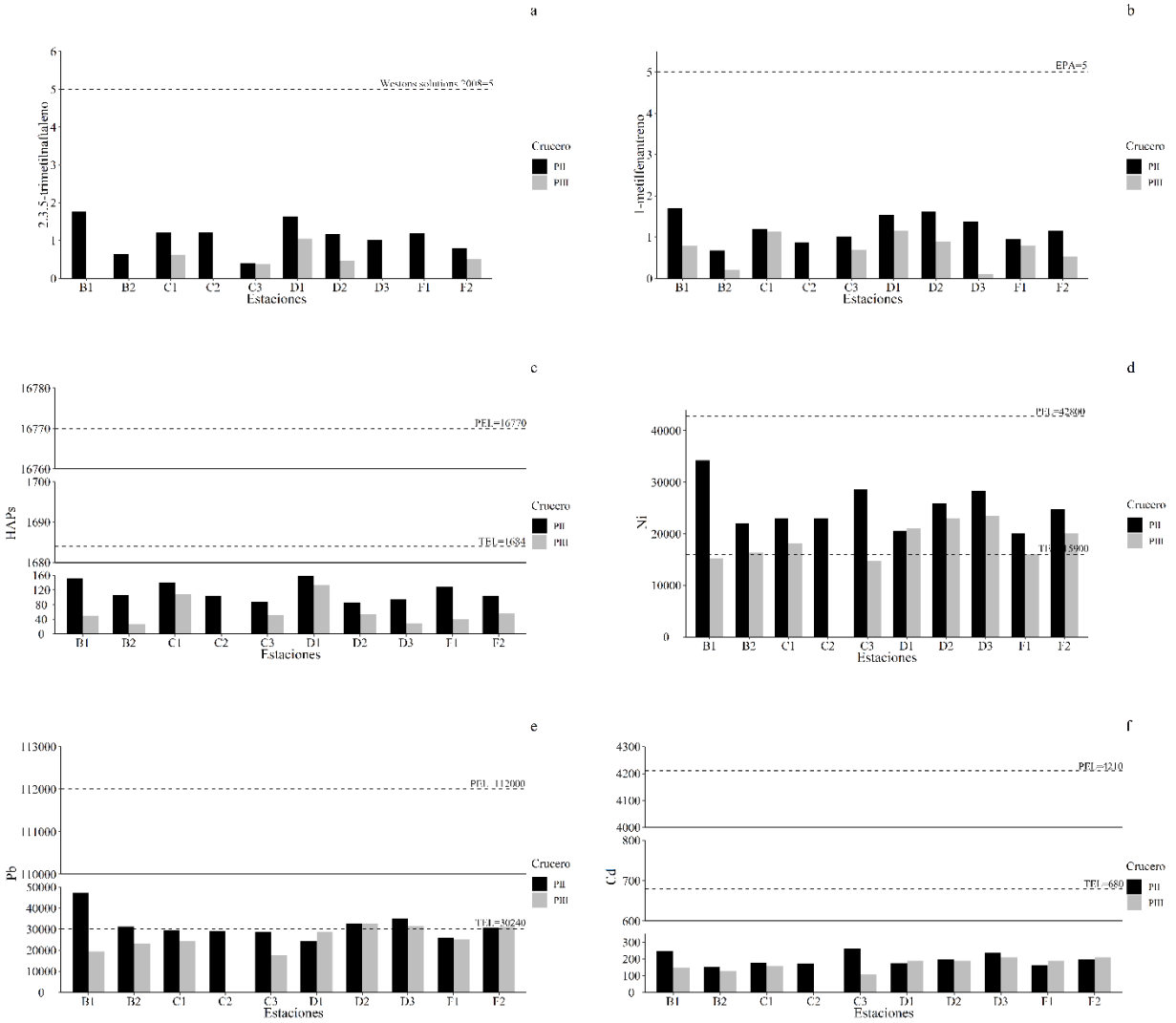


Figura 2.26. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados en unidades $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb), almacenados en los sedimentos del Cinturón Plegado Perdido (CPP) y valores de guía de calidad de sedimento TEL, PEL, ERM, ERL, límites reportados por la EPA u otros autores. a. 2,3,5-trimetilnaftaleno (2.3.5.TMNaf), b. 1-metilfenantreno (1MFNan), c. hidrocarburos aromáticos totales (PAHs), d. Níquel (Ni), e. Plomo (Pb), f. Cadmio (Cd).

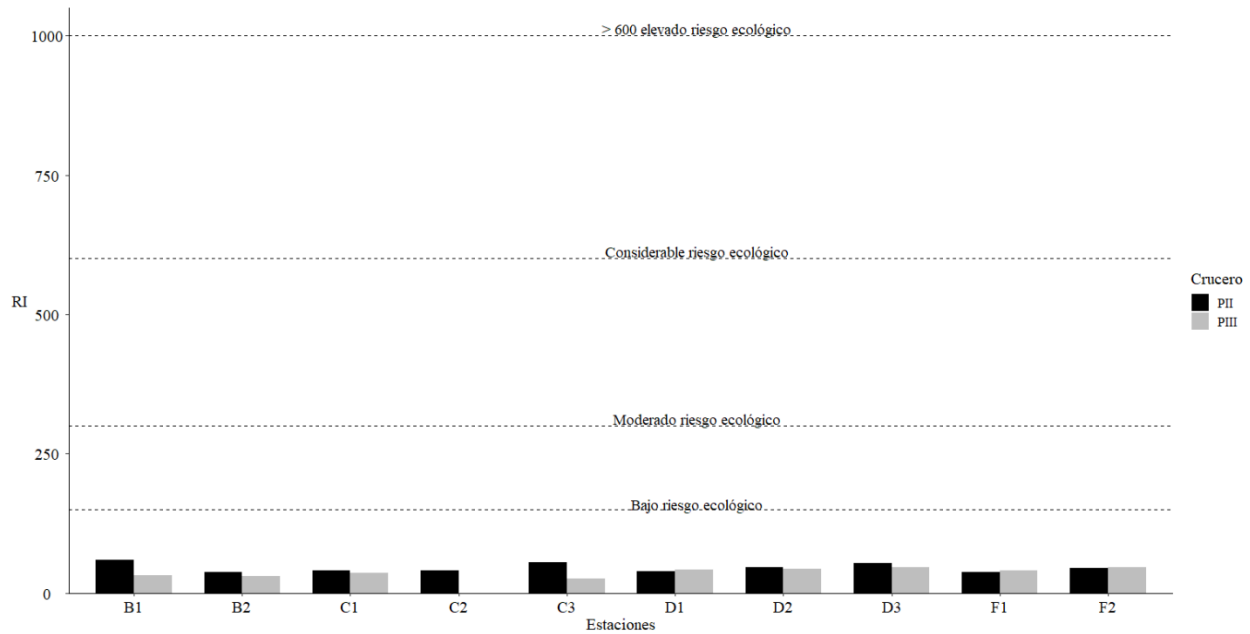


Figura 2.27. Índice de riesgo ecológico (RI) calculado a partir de las concentraciones de Ni, Cd y Pb, medidos a partir de los sedimentos colectados durante los cruces Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).

2.3.4 Condición multiestructural del hábitat

La estructura de hábitat observada a partir de las variables ambientales permitió reconocerlas como dos áreas separadas (Figura 2.28a-b), donde la estructura oceanográfica de fondo y las cantidades porcentuales de arenas y limos son las variables más importantes para los MEPY. En el CPP la concentración de hidrocarburos y metales pesados almacenados en el sedimento, junto con la profundidad fueron los factores ambientales que discriminaron la zona de plataforma con respecto a la zona profunda (Figura 2.28b), siendo la temperatura y el OD de fondo fueron las variables más importantes en la zona de plataforma (Figura 2.28b; Anexo capítulo II Tablas 1.7-1.9).

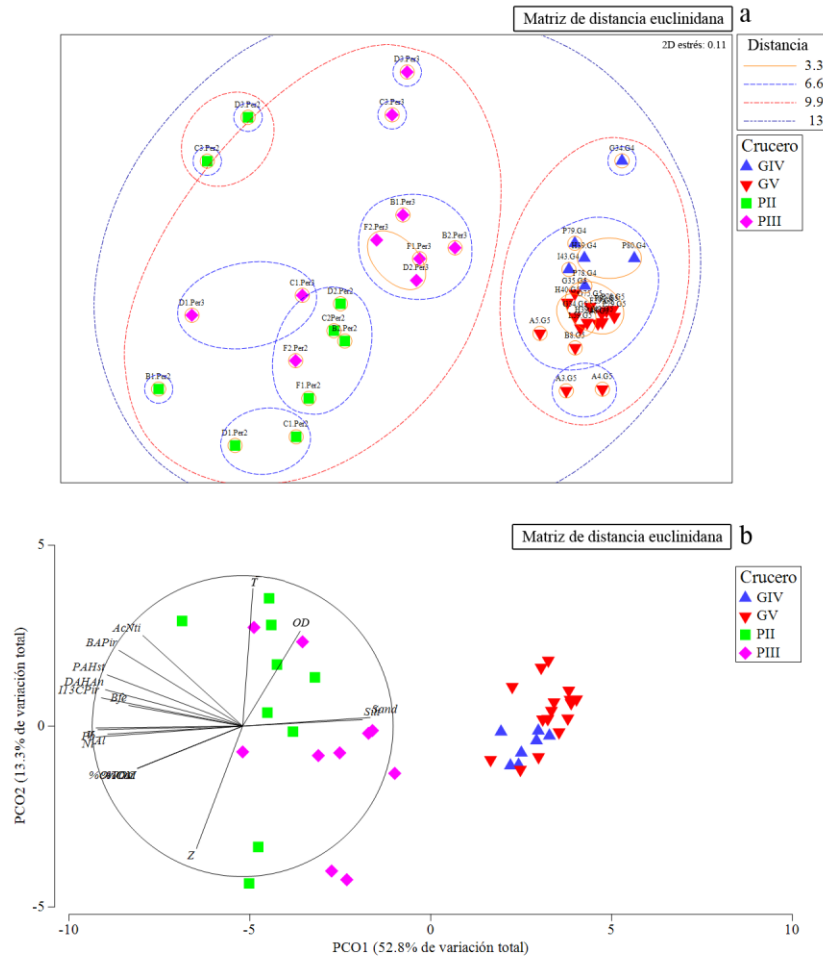


Figura 2.28. Diferencias en la estructura del hábitat entre los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP). a. Análisis de ordenación nMDS, b. Análisis de coordenadas principales (PCO).

2.4 Discusión

2.4.1 Variables oceanográficas de fondo

Los valores de temperatura medidos durante el crucero GIV fueron más elevados a los reportados por Merino (1997; $16 \leq ^\circ\text{C} \leq 20$; Figura 2.1a-b), siendo más cercanos a los reportados para aguas superficiales por el mismo autor, los aportados para el mes de mayo en GoM por Rabalais et al. (2002; $21 \leq ^\circ\text{C} \leq 25$) y las simuladas a partir de modelos numéricos por Zavala-Hidalgo et al. (2006; $25 \leq ^\circ\text{C} \leq 26$); mientras que los valores de salinidad se mantuvieron dentro de los rangos reportados para la zona por Merino (1997) y Cardona & Bracco (2016; Figuras 2.2a-b).

El gradiente observado en los valores de temperatura en dirección este-oeste evidenciado en a través de los valores interpolados, parece estar asociado a la profundidad y al transporte generado por la corriente de Yucatán de la corriente en el área de la plataforma, la cual presenta una velocidad máxima de 0.20 m s^{-1} , con velocidades por debajo de 0.10 m s^{-1} en las zonas ubicadas sobre la isóbata de 40 m (Ruiz-Castillo et al. 2016).

El esfuerzo de los vientos del este favorece la presencia del gradiente observado en los valores de temperatura (Figura 2.1a; Ruiz-Castillo et al. 2016), el cual presenta modificaciones hacia los meses de septiembre y julio en las inmediaciones del área del arrecife Alacranes (Ruiz-Castillo et al. 2016); zona que debe presentar menor velocidad de la corriente, dadas las características intrínsecas de las comunidades biológicas que se desarrollan allí. Siendo las zonas ubicadas después del arrecife y las zonas cercanas a la línea de costa las menos afectadas por dicho factor (Ruiz-Castillo et al. 2016).

Los valores de OD estuvieron dentro y por encima del rango de 3.4 mg L^{-1} a 3.7 mg L^{-1} reportado por Merino (1997), Montagna & Ritter (2006) y fue superior al límite de zonas hipóxicas ($< 2.0 \text{ mg L}^{-1}$; Dauer & Rodi 1992). Por su parte, los valores de clorofila de fondo fueron superiores a los proporcionados para el Banco de Campeche por Durán-Campos et al. (2017; $0.02 \leq \text{mg m}^{-3} \leq 0.8$) y dentro de los rangos reportados Merino (1997) y Perez et al. (1999), para la zona de Cabo Catoche ($0.06 \leq \text{mg m}^{-3} \leq 2 \text{ mg m}^{-3}$).

Durante el crucero GV los valores de temperatura en el área somera de los sectores este y central se encuentran por debajo de los reportados para el área de estudio por Merino (1997) y Zavala-Hidalgo et al. (2006) quienes reportan un rango de fluctuación entre 25°C y 26°C (Figura 2.6); mientras que los valores de temperatura observados en el sector oeste fueron similares a los valores reportados por Rabalais et al. (2002), aunque estos fueron registrados a menor profundidad ($24 \leq ^{\circ}\text{C} \leq 28$, $0 \leq Z \leq 20$). Adicionalmente, Yañez-Arancibia et al. (2014) reportan una condición ambiental en el suroeste del GoM, que responde a su posible tropicalización debido al cambio climático.

Por otra parte, los valores bajos de temperatura en el área de estudio (16.06°C a 19.78°C , Figura 2.6a), son atribuibles a eventos de surgencia que se presenta en Cabo Catoche (Lutjeharms &

Meeuwis 1987, Palacios et al. 2013, Reyes-Mendoza et al. 2016); los cuales estuvieron restringidos por debajo de la isóbata de 100 m y que pueden evidenciarse en los valores de OD registrados en dichas isóbatas, siendo inferiores a los reportados por Merino (1997) y similares a los registrados en zonas con eventos de surgencia estacional (Figura 2.8a; Connolly et al. 2010, 2.5 ml L^{-1}), donde son observadas aguas ricas en nutrientes pero pobres en OD (Adams et al. 2013).

En términos de salinidad, los valores se mantuvieron dentro del rango de 36, estando restringidos al rango de fluctuación de dicho valor y siendo más elevados a los reportados para el área (Merino 1997, Cardona & Bracco 2016; Figuras 2.7a-b). A su vez, los valores más altos de salinidad fueron observados en el área con el máximo de temperatura, lo cual podría responder al efecto ocasionado por calentamiento comentado por Yáñez-Arancibia et al. (2014) y transporte de agua a lo largo del margen continental de Yucatán.

Los valores observados de OD estuvieron por encima del rango observado en áreas influenciadas por eventos de surgencia (Connolly et al. 2010, Adams et al. 2013); indicando la presencia de procesos de ventilación debidos al esfuerzo del viento, que han sido reportados para otros ecosistemas de plataforma (Adams et al. 2013). Entre tanto, la clorofila de fondo de los MEPY exhibió valores inferiores y superiores a límite inferior de 0.25 mg m^{-3} reportado para el área evaluada por Merino (1997); mientras que los valores observados en el margen interno estuvieron dentro del rango reportado por Durán-Campos et al. (2017) y Zavala-Hidalgo et al. (2006), siendo los valores elevados de los sectores este y central, posibles remanentes del proceso registrado por dichos autores en el mes de julio, producto de una evaluación realizada con un conjunto de datos de 7 años (Zavala-Hidalgo et al. 2006; $0.5 \leq \text{mg m}^{-3} \leq 5$; campaña GV, $0.8 \leq \text{mg m}^{-3} \leq 2.5$; Figura 2.9a). La ausencia de diferencias en los valores de clorofila registrados en las dos evaluaciones podrían atribuirse a fases positivas del El Niño-Oscilación Sur (ENSO), registradas por la NOAA durante los años 2015 y 2016 (NOAA 2018).

Las diferencias en las variables oceanografías de fondo registradas el margen continental de Yucatán son atribuidas a la presencia de una mayor variabilidad en dichas variables en las zonas de plataforma, sumado a las diferencias estacionales atribuibles al régimen climático del área y cambios en las masas de agua identificadas en el presente estudio (Enriquez et al. 2013); mientras que las diferencias y ausencia de las mismas en los MEPY, podría ser un resultado sesgado

ocasionado por la ausencia de mediciones en algunas de las estaciones del sector oeste, producto de los retos metodológicos que implica evaluar esta área.

En el CPP los valores de temperatura de fondo presentaron el patrón inverso reportado entre la plataforma y la zona profunda, con valores de temperatura dentro del rango de 21°C a 29°C reportado para el área de estudio por Zavala-Hidalgo et al. (2003); mientras que los valores de salinidad de fondo del crucero PII fueron superiores a los registrados en el rango batimétrico comprendido entre 50m y 200m de profundidad (Zavala-Hidalgo et al. 2003).

Los valores de Chla estuvieron dentro del rango comprendido entre 0.0 mg m⁻³ y 0.6 mg m⁻³, registrados entre la zona profunda y la isóbata de 100 m (Hidalgo-González & Alvarez-Borrego 2008, Pasqueron De Fommervault et al. 2017), siendo el valor registrado en la estación B1 resultado de contribuciones de nutrientes que favorecieron valores elevados en la dicha área (Figura 2.9a). Entre tanto, los valores de OD de fondo fueron inferiores a los reportados por Vidal et al., (1994; 2.3 ml L⁻¹ ≤ OD ≤ 3.0 ml L⁻¹) en las estaciones localizadas entre 290 y 481m pertenecientes (campana PII; 1.79 ml L⁻¹ ≤ OD ≤ 1.90 ml L⁻¹).

Durante el crucero PIII los valores de temperatura de fondo fueron inferiores a los registrados en la campaña anterior y los reportados por Zavala-Hidalgo et al. (2003), para la misma temporada climática, siendo atípicos para la zona. Entre tanto, los valores de salinidad de la plataforma continental fueron mayores a los registrados en los primeros 200 m la columna de agua del área de estudio (campana PIII, 36.2 ≤ salinidad ≤ 36.6; Zavala-Hidalgo et al., 2003, salinidad = 36.1), patrón que no puede asociarse a la presencia de una masa de agua en particular, dados los rangos de valores y profundidad (Tabla 2.1), siendo atribuido a procesos locales que deben evaluarse detalladamente en futuras evaluaciones.

Los valores de OD fueron similares a los reportados para el área de estudio por Vidal et al. (1994a; 3.0 ml L⁻¹ ≤ OD ≤ 3.6 ml L⁻¹). Por su parte, los valores de Chla fueron inferiores a los registrados en la campaña anterior, lo cual corresponde a un patrón atípico para el área evaluada, debido al transporte de agua hacia el suroeste del GoM, los valores de Chla deberían ser mayores en junio que en septiembre (Zavala-Hidalgo et al. 2003, 2006), sumado a la contribución de nutrientes continentales debido a la temporada de lluvias que ocurre de junio a septiembre, siendo un factor

que beneficiaría la presencia de productores primarios en la columna de agua y el bentos (INEGI 2020).

La exactitud de las mediciones de las variables que permiten identificar tipos de agua y masa de agua es crucial para tal fin; razón por la cual no fueron utilizados valores proporcionados por los modelos de interpolación, dados que los valores de desviación estándar registrados aportarían rangos superpuestos. Adicionalmente, los rangos de valores de las variables contempladas para la identificación de masas de agua, hace poco probable que las distribuciones restringidas sean tipos de agua con rangos excepcionales en las variables fisicoquímicas; al tener en cuenta el elevado número de estaciones que exhibieron dilución o evaporación que transforman los rangos reportados para el GoM, o la presencia de masas de agua estacionales (Salas-Pérez & Arenas-Fuentes 2011).

La estructura fisicoquímica global del margen continental de Yucatán exhibió cambios estacionales, los cuales fueron perceptibles en la composición y rango de distribución de las masas de agua; patrón que es confirmado por las diferencias registradas en términos de temperatura, salinidad y OD registradas entre campañas (Mann-Whitney, $p < 0.05$). dicho patrón podría influenciar la fauna del área a través del transporte de nutrientes, larvas y juveniles, así como afectar procesos metabólicos, distribución de especies y diversidad de comunidades bentónicas (Rios-Lara et al. 2007, Buhl-Mortensen et al. 2012, Reinthaler et al. 2013, Townsend et al. 2015, Puerta et al. 2020).

A su vez, el patrón registrado en el área indica una mayor heterogeneidad fisicoquímica del margen continental y sus diferentes áreas a la reportada por Hernandez-Avila et al. (2020), quienes reportan la presencia de dos masas de agua en la plataforma continental, mientras que los valores reportados en este estudio hacen evidente la presencia de al menos 4 masas de agua (CGW, CSUW, YSW y CTSW) y cambios marcados en los MEPY donde fueron registrados cambios en la composición entre campañas (Figuras 2.5 y 2.10).

Por otro lado, en el CPP los cambios en composición de las masas de agua no favorecieron la presencia de diferencias entre campañas, lo cual podría ser atribuido a las pequeñas diferencias en el rango de valores de las masas de agua de la zona profunda observadas en el crucero PII. Mientras

que la estructura del hábitat registrada durante la primera campaña fue más heterogénea en términos de Chla y fluctuación en las variables en las estaciones de plataforma, con respecto al crucero PIII, siendo estos los factores responsables de las diferencias interanuales en las concentraciones Chla, los cuales fueron atribuidos al transporte advectivo de nutrientes provenientes de áreas costeras aledañas al área evaluada (Zavala-Hidalgo et al. 2006).

2.4.2 Fondos blandos y carbono de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y del Cinturón Plegado Perdido (CPP).

Una de las características marcadas en el GoM es la heterogeneidad en el tipo de sedimento que en las áreas evaluadas resulta de la combinación de sedimentos terrígenos depositados en los deltas de las áreas costeras que son transportados por las corrientes, sedimentos carbonatados resultantes del retrabajado de restos calcáreos de organismos que se depositan en el fondo (Davis 2017). La dominancia de dichas características resulta de la naturaleza de las áreas presentes al interior del GoM; siendo en términos de esta evaluación, de la estructura kárstica y terrígena de los MEPY y el CPP respectivamente.

Los MEPY hacen parte de la provincia carbonatada del GoM (Balsam & Beeson 2003), la cual carece de fracciones sedimentarias terrígenas debido a la carencia de aportes de aguas continentales provenientes de ríos. Aunque los valores porcentuales de limos registrados en el presente estudio contradicen la presencia exclusiva de arenas carbonatadas reportadas por Balsam & Beeson (2003), son atribuidos a la presencia de los ecosistemas presentes en la parte interna del margen continental de Yucatán (*e.g.* pastos marinos, parches coralinos); los cuales cambian a lo largo del gradiente este-oeste presentando una disminución gradual en el tamaño de grano (García 1980, Fonseca & Cahalan 1992, Rios-Lara et al. 2007, Albañez-Lucero & Arreguín-Sánchez 2009).

Los tamaños de grano de las arenas colectadas durante los cruceros GIV y GV resultan de la amplitud de la PCPY, característica que favorece los procesos abrasivos generados por el transporte de los sedimentos (Carranza-Edwards 2001); siendo la presencia de sedimentos pobremente clasificados con distribuciones asimétricas, el patrón típico reportado para las áreas carbonatadas presentes en el sur del GoM (Carranza-Edwards et al. 2014).

Los valores de clasificación entre 1ϕ y 2ϕ observados en las arenas colectadas, resultan de la disminución de la meteorización ocurrida por el aumento de la distancia a la línea de costa y hacen parte del gradiente de clasificación de sedimentos marinos, que junto al resto de características texturales anteriormente mencionadas son reportadas para las arenas finas (Folk 1974, Olav et al. 2012).

Las asimetrías positivas indican la presencia de ambiente de alta energía que tiende a disminuir, favoreciendo la depositación sucesiva de partículas y por tanto mala clasificación del sedimento, lo cual es característico en áreas con presencia de sedimentos carbonatados (Folk 1966, McLaren & Bowles 1985). A su vez, la presencia de modas subordinadas como las registradas en las áreas evaluadas (Tabla 2.5), es responsable de las distribuciones platicúrticas registradas en la mayoría de las estaciones (Tabla 2.4).

En los MEPY los valores de TOC exhibieron una distribución irregular, siendo un patrón contrario al reportado para el margen continental de Yucatán por Escobar-Briones & García-Villalobos (2009), quienes registraron valores de 1.1% en el centro, mientras que los extremos reportaron valores 0.9%; siendo las estaciones A3 y A5 evaluados en el crucero GV e I43 de la campaña anterior, las áreas que presentaron valores superiores y dentro del rango reportado para el área evaluada (Tabla 2.5).

Durante los cruceros oceanográficos PII y PIII fue evidente la presencia de zonas irregulares que favorecen la acumulación de sedimento, materia orgánica y compuestos carbonados; patrón reportado por Escobar-Briones & Soto (1997), quienes expresan que dichas irregularidades son responsables de la presencia de sedimentos terrígenos, los cuales resultan de los aportes continentales, donde el transporte de las corrientes es un factor relevante.

Los sedimentos registrados en el CPP durante las dos campañas siguieron el patrón general del área, donde los porcentajes de limos y arcillas exhibieron una relación directa con la profundidad (Escobar-Briones & Soto 1997, Escobar-Briones & García-Villalobos 2009); mientras que las arenas presentaron una relación inversa, siendo dicho patrón una tendencia generalizada en el sector oeste del GoM y el patrón del transecto D una particularidad no reportada para el área (Tabla 2.6).

Los valores de carbono orgánico, TOC y OM exhibieron un patrón irregular a la relación directa entre dichos compuestos y la profundidad (Escobar-Briones & Soto 1997, Escobar-Briones & García-Villalobos 2009), el patrón parabólico registrado en el transecto D, podría ser atribuido a la presencia de zonas de acumulación producto de irregularidades en el suelo del área.

2.4.3 Hidrocarburos almacenados en el sedimento

La presencia de una gran cantidad de hidrocarburos alifáticos en las dos áreas evaluadas, permiten establecer aportes autóctonos y alóctonos de carbono. El carbono alóctono fue aportado principalmente por plantas vasculares, praderas de pastos marinos, plantas acuáticas continentales y depósitos de aguas continentales en presencia y ausencia de oxígeno (Ohkouchi et al. 2000, Birgel et al. 2004, Klaus-Gerhard et al. 2004, Sanchez 2007, Libes 2009, Kuhn et al. 2014, Imin et al. 2016, Carrizo et al. 2019); siendo necesario para las dos áreas procesos de transporte y deposición responsables de su distribución geográfica (dada la ausencia de fuentes directas), factor que debe ser estudiado con mayor detalle.

En tanto, las fuentes autóctonas de carbono en ambas áreas fueron bacterianas y algunas procedentes de hongos, levaduras marinas, contribuciones generadas por fitoplancton y zooplancton (Grimalt & Albaigés 1987, Boot et al. 2006, White et al. 2007, Goni et al. 2009, Libes 2009, Xing et al. 2011).

Una de las características notables de los sedimentos presentes en los MEPY es el subsidio energético continental en términos de compuestos de carbono lineales, los cuales son atribuibles a los aportes continentales procedentes de infiltraciones de agua subterránea (Graniel et al. 1999, Perry et al. 2015) e hidrocarburos como los BAAnt y BKFl (López-Macias et al. 2019). Sin embargo, estos aportes deberían presentar efectos marcados en su distribución debido al transporte ocasionado por la corriente de Yucatán, siendo mínima su acumulación en el este, bajos los valores en la parte central de los MEPY, y altos en el oeste; patrón registrado durante el crucero GV, pero no en la evaluación previa, donde fueron más elevados los valores en el este (Figuras 2.23 y 2.24, Anexo capítulo II Tablas 1.3-1.4).

La presencia atípica de hidrocarburos y metales en los MEPY, dada la ausencia de actividades económicas que aporten dichos compuestos a la costa. Sin embargo, es necesario tener en cuenta

la distribución de hidrocarburos realizadas en Cayo Arcas, su almacenamiento y distribución en el Puerto de Progreso; siendo el transporte de hidrocarburos a través del estrecho de Yucatán la actividad responsable de estos aportes en los sectores este y central de los MEPY (Atwood et al. 1987), haciendo evidente fallas de seguridad industrial y regulación en dicha actividad.

La presencia de concentraciones más altas de hidrocarburos en el CPP con respecto a los MEPY, resultan de la naturaleza terrígena que favorece la acumulación de dichos compuestos (Imin et al. 2016), junto a la presencia de emanaciones naturales en el área evaluada; sin que su presencia en los sedimentos del área sean resultado exclusivo de dichas fuentes, ya que el área recibe aportes continentales de las lagunas costeras y ríos que desembocan en la zona mexicana del GoM (Escobar-Briones & Soto 1997).

Aunque la presencia de Ni en los sedimentos se encuentra asociada a la presencia de hidrocarburos, aportes continentales y distribución típica en la naturaleza (Rasul & Stewart 2019), características intrínsecas del elemento como baja solubilidad, abundancia en la corteza terrestre, y acarreo de al medio marino por fuentes fluviales, son los principales factores responsables de los valores registrados en el CPP (Hakanson 1980, Enuneku et al. 2018, Rasul & Stewart 2019); mientras que la presencia de Pb debida a la explotación de hidrocarburos en sedimentos marinos es al menos 132% más elevada a la registrada en el CPP ($62300 \leq \mu\text{g kg}^{-1} \leq 4785000$; Sharifuzzaman et al. 2015), siendo aportes continentales y emanaciones naturales de petróleo las posibles fuentes de este elemento.

Los valores de Ni pueden ser considerados como moderadamente contaminados, a pesar de provenir de fuentes naturales, mientras que la concentración de Pb y el rango reportado por Perin et al. (1997), permiten establecer dicha condición en la estación B1; siendo las concentraciones del Pb en zonas no perturbadas, el factor responsable de la ausencia de riesgo ecológico en el área evaluada.

2.4.4 Condición multiestructural del hábitat

En los diferentes apartados del presente capítulo fue posible observar diferencias entre las dos áreas evaluadas, las cuales debido a su ubicación al interior del GoM y la naturaleza de sus sedimentos podrían ser tomadas como obvias. Aunque en dicho análisis fue evidente la

distribución de las estaciones localizadas en la zona de plataforma y las diferencias exhibidas entre dichas zonas y las estaciones ubicadas a ~500 m de profundidad; siendo esto un efecto atribuible a las múltiples relaciones inversas exhibidas entre la profundidad y las variables ambientales (Lalli & Parsons 1997, Libes 2009, Rasul & Stewart 2019).

Aunque la concentración de hidrocarburos en los sedimentos de los MEPY fueron bajas con respecto a las registradas en el CPP, la presencia de los mismos podrían ser el factor de la escasa distancia entre áreas exhibida en el nMDS (Figura 2.30a), siendo la influencia de dichos compuestos, los metales y porcentajes de materia orgánica y carbono, los principales factores que separan las áreas evaluadas, ya que la presencia de materia orgánica favorece la acumulación de hidrocarburos y metales (Montalvo et al. 2014, Baran et al. 2019).

Aunque las concentraciones de hidrocarburos registradas en los MEPY sean bajas y los análisis realizados permitan inferir un bajo riesgo ecológico para la fauna distribuida en esta zona; la presencia de estos compuestos debe ser evaluada de manera detallada, ya que la naturaleza kárstica favorece los procesos de infiltración al interior del acuífero (Shokri et al. 2018).

En las dos áreas la temperatura y el OD fueron variables importantes de acuerdo al análisis PCO, siendo esto atribuible a una mayor variabilidad de las variables oceanográficas en zonas de plataforma (Lalli & Parsons 1997). Aunque no se registraron diferencias en términos de temperatura y OD entre evaluaciones en el CPP, el análisis PCO permite inferir una mayor influencia de dichas variables durante el crucero PII con respecto a la segunda campaña (Figura 2.28b). El patrón registrado en la presente evaluación fue atípico con respecto a los reportes del área, ya que entre mayo y agosto se observan temperaturas en el rango de 28°C a 22°C, mientras que entre octubre y febrero los valores fluctúan entre 24°C y 20°C (Zavala-Hidalgo et al. 2005), lo cual podría ser atribuido a diferencias temporales entre estudios.

2.5 Conclusiones

- La presencia de diferentes ambientes al interior del GoM responde al gradiente latitudinal resultante de sus dimensiones y las zonas de frontera que exhibe con el Caribe y el Atlántico.

- Los rangos de fluctuación de las variables oceanográficas en la mayoría de los casos concuerdan con los valores aportados por evaluaciones previas para otras áreas del GoM, o zonas con eventos de surgencia.
- Las diferencias registradas en los MEPY son atribuibles al patrón estacional que permitió registrar la presencia de diferentes masas de agua en el área, mientras que la ausencia de diferencias en la concentración de clorofila es atribuida a la influencia de eventos significativos de “El Niño” registrados durante los años evaluados.
- Las características texturales de los sedimentos de los MEPY exhibieron las características típicas de las arenas carbonatas del sur del GoM.
- Las cantidades porcentuales de materia orgánica, carbono orgánico y carbono orgánico total en los MEPY presentaron valores atípicos con respecto a los reportados para el área, lo cual debe ser evaluado en futuras evaluaciones con una mayor cantidad de datos.
- En el CPP el patrón de valores de las variables oceanográficas fue diferente al reportado en estudios previos, aunque han sido reportados para diferentes rangos batimétricos y son atribuibles a eventos locales que deben estudiarse detalladamente en futuras evaluaciones.
- Las diferencias en los porcentajes de arenas y limos son atribuibles a diferencias los aportes continentales y perturbaciones del suelo atribuibles a la pesca de arrastre llevada a cabo en el CPP.
- El GoM posee una cantidad natural de hidrocarburos que fluctúa entre áreas y debe ser determinada e incluida al interior de tablas de vigilancia ambiental, a fin de establecer de manera confiable la condición de los ecosistemas presentes en esta cuenca; siendo esto una necesidad que debe ser solventada por las tres naciones que comparten este territorio.
- Fluctuaciones en los valores de las concentraciones de hidrocarburos y metales pesados en el CPP deben ser objeto de evaluaciones basadas en su huella digital, permitiendo establecer su procedencia, a fin de establecer procesos de acumulación de origen natural o la presencia de perturbaciones antropogénicas.

- Al igual que en el CPP, las huellas digitales de los hidrocarburos y metales pesados acumulados en los sedimentos de los MEPY debe ser determinada, a fin de establecer si es aportado por zonas de infiltración de aguas subterráneas o transporte marítimo de petróleo.
- La presencia de hidrocarburos en ambas áreas hace evidente la necesidad de generar herramientas de control en caminadas a mejorar la calidad de los procesos industriales relacionados con hidrocarburos y metales pesados.
- Aunque la estructura física, oceanográfica y variaciones temporales de los MEPY permitan establecer que es un área heterogénea, el CPP exhibió mayor heterogeneidad estructural de hábitat debido a la influencia de variables oceanográficas, cantidades porcentuales del sedimento, presencia de hidrocarburos, metales pesados y la profundidad.

3 Capítulo III: Estructura de la comunidad megabentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido

Resumen

La estructura de las comunidades megabentónicas presentes en los MEPY y el CPP fue evaluada en términos de abundancia y biomasa, a partir del material biológico colectado durante las campañas oceanográficas GIV, GV, PII y PIII. Fueron capturados 174,811 individuos y 273,693 kg AFDW los cuales equivalen a $1'941,803 \text{ ind km}^{-2}$ y $3,118 \text{ kg AFDW km}^{-2}$, distribuidos en 459 especies de 9 phyla. Los valores de abundancia, biomasa y riqueza de especies fueron más elevados en los MEPY ($1,594 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, $2,544 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ y 399 especies), con respecto a los registrados en el CPP ($347 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, $582 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ y 110 especies). En los MEPY los crustáceos y moluscos fueron los grupos taxonómicos más importantes, mientras que en el CPP fueron los crustáceos y equinodermos. Las especies más abundantes en las dos áreas evaluadas fueron *Periclimenes iridescens* ($136.3 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 7\%$), *Astropecten cingulatus* ($109.4 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 5.6\%$), *Portunus* sp ($104.5 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 5.4\%$) y *Botula fusca* ($100.5 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 5.17\%$); mientras que *Callinectes sapidus* ($209.1 \text{ kg AFDW km}^{-2} \sim 7.3\%$), *Panulirus argus* ($146 \text{ kg AFDW km}^{-2} \sim 5.01\%$) y *Periclimenes iridescens* ($137.6 \text{ kg AFDW km}^{-2} \sim 4.8\%$) fueron las especies con mayor aporte a la biomasa. La prueba BIOENV permitió establecer que la latitud, Chla, Mz, *n*-C₂₃, *n*-C₁₆, longitud, temperatura, σ_1 , vanadio, 2.6-dimetilnaftaleno, *n*-C₁₆, *n*-C₃₇, *n*-C₄₀ fueron las variables con mayor influencia en los MEPY; mientras que en el CPP *n*-C₁₂, *n*-C₃₇, fluoranteno (Flte), profundidad (Z), Salinidad, OD, Ni y acenaftileno (Anti) lo fueron en el CPP. La presencia de especies autógenas capturadas en el crucero GV no registradas en la evaluación anterior impide establecer un marcado efecto de la Chla sobre la megafauna; mientras que los hidrocarburos alifáticos pueden ser considerados como fuente directa o indirecta de alimento para la fauna evaluada. La presencia de PAHs determinaron los gradientes ambientales de la fauna capturada. Se recomienda mantener programas de vigilancia ambiental y protección en los MEPY y CPP, así como evaluar de manera permanente la concentración de hidrocarburos y metales pesados en invertebrados megabentónicos, debido a la presencia de especies con importancia comercial.

3.1 Introducción

Los atributos comunitarios son características intrínsecas de cada comunidad que permiten identificarla y evaluarla a través del tiempo. En comunidades megabentónicas los atributos más utilizados en su evaluación son la abundancia, riqueza y composición de especies (Krebs 1988, Knox 2000, Magurran 2004, Gray & Elliott 2009); siendo la biomasa la variable menos empleada a pesar de su elevada importancia (Escobar-Briones & Soto 1997).

Determinar la abundancia de organismos ha sido un aspecto fundamental de toda evaluación de comunidades biológicas, ya que a partir de esta información son calculados los diferentes aspectos de la diversidad comunitaria (Thouzeau et al. 1991, Magurran 2004, Brief 2008, Sarker et al. 2016). Este atributo comunitario puede ser evaluado en términos de densidad absoluta de organismos, que requieren métodos robustos que permitan establecer la cantidad total de organismos en un área determinada (Krebs 2014); condición que pocas veces puede asegurarse en comunidades megabentónicas, debido al sesgo asociado a la heterogeneidad estructural del suelo marino, el dispositivo y condición del mismo para el muestreo, así como a las dificultades metodológicas que se acentúan a medida que aumenta la profundidad (Kaiser et al. 1998, Roberts et al. 2000, Althaus et al. 2009, Ayma et al. 2016).

Por otro lado, la abundancia de especies puede ser medida en términos relativos que permiten realizar evaluaciones comparativas de manera práctica (Krebs 2014); sin embargo, la confiabilidad de las medidas relativas depende de los métodos utilizados que varían desde el número de individuos hasta el porcentaje de cobertura (Magurran 2004, García-Morales et al. 2011).

Entre tanto, la biomasa es una variable conservativa que permite establecer la condición de las comunidades en áreas definidas, debido a que cambios en la calidad del hábitat afectan funciones fisiológicas de los organismos, generando bajas tasas de crecimiento y por tanto bajo consumo de los recursos disponibles (Schwinghamer 1983, Knox 2000, Hughes & Gage 2004). Esta variable es evaluada como el total de tejido vivo de los miembros de una comunidad por unidad de volumen o área (Brey 2001), aunque otros procesos metodológicos tienen en cuenta las conchas de los moluscos (Bachelet 1982).

La biomasa puede ser expresada en unidades de peso de carbono (*e.g.* mg C), peso seco (dry weight, DW), o peso seco libre de cenizas (ash free dry weight, AFDW; Brey et al. 1988, 2010, Brey & Gerdes 1997, Moodley et al. 1998, Ricciardi & Bourget 1998, Durden et al. 2016), siendo esta última medida la más confiable, ya que corresponde al tejido vivo del organismo y utilizada en evaluaciones de redes tróficas, flujos de energía y producción secundaria, favoreciendo la comparación entre estudios (Eklöf et al. 2017) (Ricciardi & Bourget 1998, Dolbeth 2007, Rubio-polania et al. 2014).

La abundancia comunitaria está fuertemente influenciada por la heterogeneidad de hábitat (Bracewell et al. 2018), siendo más abundantes las comunidades distribuidas en áreas donde la complejidad del suelo marino es alta por su estructura física o por presencia de especies autógenas (Angelini et al. 2011, De Smet et al. 2015, Carvalho et al. 2017, Ellison 2019); mientras que la biomasa es determinada por la presencia de fuentes de alimento (Roy et al. 2014, Ichino et al. 2015), así como por su disponibilidad y calidad (Woods & McLay 1994, Bluhm et al. 1998, Danovaro & Gambi 2002, Gerlach et al. 2004, Lopez & Levinton 2012). Además, la presencia de lagunas costeras influencia la distribución de la biomasa bentónica (Escobar-Briones & Soto 1997, Lopez & Levinton 2012), siendo los sedimentos de zonas terrígenas de tamaño de pequeño los que más influencia tienen sobre la biomasa bentónica (Bordovskiy 1965, Magni et al. 2004, Delgado-González et al. 2010), debido a su capacidad de almacenar las diferentes formas de carbono producidas en el ambiente bentónico, transportadas desde el continente y la subsidiada por la columna de agua (Bordovskiy 1965, Mayer & Piepenburg 1996, Smith et al. 1998, Rosenberg 2001).

Al evaluar los atributos de una comunidad el objetivo fundamental es describir los patrones de la fauna en el área estudiada, así como los patrones de zonación resultado de la interacción entre la comunidad y las variables ambientales que estructuran físicoquímicamente el hábitat (Gray & Elliott 2009). Siendo la profundidad uno de los gradientes de zonación que mayor influencia tiene sobre la abundancia y biomasa comunitaria (Soto 1991, Thouzeau et al. 1991, Cartes & Sarda 1993, Ramírez-Llodra et al. 2010b, Ramos et al. 2017, Villalobos-Rojas et al. 2017); gradiente comúnmente descrito como la relación inversa entre los atributos comunitarios y la profundidad en los márgenes continentales y zonas profundas ($Z > 200\text{m}$; Starmans et al. 1999, Howell et al. 2002, Kahng & Kelley 2007), atribuido a la disminución de la cantidad y calidad de alimento,

ocasionada a las transformaciones que acontecen durante su sedimentación (Sokołowski et al. 2014). Sin embargo, este no es el único patrón de zonación, aunque sea el más citado; ya que estudios de comunidades bentónicas y megabentónicas han reportado relaciones directas y parabólicas entre las variables involucradas (Ramírez-Llodra et al. 2010b, Ramos et al. 2017, Villalobos-Rojas et al. 2017).

Sumado al efecto variable de la profundidad sobre la abundancia y biomasa de comunidades megabentónicas, variaciones en la salinidad y el oxígeno disuelto pueden afectar metabólicamente estas comunidades, generando disminuciones de tamaño y actividad que afectan las funciones del ecosistema e incluso la muerte (Shumway 1979, Rosenberg 1983, Cartes & Sarda 1993, Hendrickx 2006, Resgalla et al. 2007, Génio et al. 2008). Por otro lado, la presencia de compuestos alifáticos provee alimento para algunos miembros de la comunidad (Middelburg 2018); mientras que los compuestos aromáticos policíclicos (PAHs) son cancerígenos y mutagénicos, siendo posible que generen la muerte de organismos marinos y por bioacumulación afecten la salud humana (Abdel-Shafy & Mansour 2016, Shilla & Routh 2018, Yüewen & Adzigbli 2018).

Son numerosos los estudios realizados en el área estadounidense del GoM y el suroeste del mismo, en especial en el Golfo de Campeche (Gracia-Montes et al. 1987, Donaldson et al. 1996, Escobar-Briones & Soto 1997, Soto et al. 1999, Rester et al. 2017a); áreas donde se ha evaluado principalmente la abundancia y distribución de comunidades megabentónicas, siendo escasas las contribuciones enfocadas en la biomasa (Soto 1980, Escobar-Briones & Soto 1997, Montagna & Ritter 2006). Entre tanto, en los MEPY y el CPP la información acerca de estas comunidades es escasa o nula, circunstancia que resulta preocupante debido a la importancia ecológica y económica de muchos de los representantes de la megafauna bentónica (Zimmerman & Minello 1984, Arzola-gonzález 2008, Martins et al. 2014). Razón por la cual resulta necesario evaluar los patrones de distribución espacio temporal de la abundancia de dichas comunidades en los MEPY y CPP, a fin de conocer su condición actual y tener una línea base que permita implementar en estudios posteriores planes de manejo y protección de este componente del ambiente bentónico.

El objetivo del presente capítulo fue describir la estructura comunitaria de la megafauna bentónica presente en los MEPY y el CPP, en términos de abundancia y biomasa; estableciendo el conjunto de variables ambientales que más las influyen.

3.2 Materiales y métodos

Utilizando la información del procesamiento de los organismos en laboratorio (ver capítulo I), se procedió a describir las comunidades en términos de abundancia y biomasa, abundancia relativa de los grupos taxonómicos y el conjunto de especies que exhibieron los valores más elevados de dichas variables.

El esfuerzo muestral se evaluó a través de los métodos no parámetros de chao 1, jackknife 1 y el método de estimación de curva asintótica para la riqueza de especies de Michaelis-Menten (Magurran & McGill 2011, Chao et al. 2014, Paller 2018). Las diferencias entre las especies observadas y estimadas se obtuvieron a partir del valor promedio y la desviación estándar de las estimaciones conjuntas de los métodos no paramétricos y el estimador de la curva.

El rango de distribución geográfico de las especies capturadas se obtuvo a partir de la frecuencia de aparición de las especies, que fue diferente para los MEPY y el CPP debido a la cantidad de estaciones evaluadas en cada área (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Rango de distribución geográfico de especies (R.D.G), capturadas en los márgenes externos en la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP).

R.D.G	MEPY		CPP	
	Número de estaciones	Frecuencia relativa	Número de estaciones	Frecuencia relativa
Constantes	16-13	100%-81%	10-8	100%-88%
Muy comunes	12-11	75%-68%	7	70%
Comunes	10-8	62%-50%	6-5	60%-50%
Casi comunes	7-5	49%-30%	4	40%
Poco comunes	4-3	25%-18%	3	30%
Raras	2	12.50%	2	20%
Muy raras	1	6.25%	1	10%

Para evaluar la estructura de las comunidades megabentónicas presentes en las áreas de estudio, los valores de biomasa y abundancia fueron transformados utilizando raíz cuarta a ($\sqrt[4]{x}$), siendo x los valores de abundancia o biomasa por especie y estación; esto para estabilizar la varianza de los valores del atributo evaluado (Downing 1979, Clarke & Ainsworth 1993, Hernández et al. 2005, Chatzigeorgiou et al. 2017). Posterior al proceso de transformación, se calculó la matriz de similitud de Bray-Curtis (BC), que corresponde al proceso lógico luego de transformar los valores de cada atributo, dado que el valor de distancia obtenido por BC corresponde a la diferencia total

en la abundancia de especies entre dos sitios dividido por la abundancia total de cada sitio; sin que la ordenación y clasificación de los datos dependan de las especies que exhibieron los valores más elevados y sin considerar la presencia de dobles ausencias (Field et al. 1982, Clarke et al. 2014). La distribución relativa entre estaciones fue representada utilizando el análisis de ordenación nMDS, el cual está basado en rangos de distancia y exhibe las diferencias ambientales entre sitios en un espacio bidimensional (Ramírez 2005, Clarke et al. 2014), siendo este análisis el más adecuado para datos no normales (García-Hernández 2014).

Para establecer diferencias en la megafauna bentónica debidas a la distribución geográfica en la MEPY y las debidas a la zonación en el CPP, se realizó el análisis de permutación multivariante de la varianza PERMANOVA de una vía, utilizando los datos del total de especies capturadas (Asp) y el conjunto de datos generado por exclusión de las especies raras en los MEPY y las muy raras en el CPP (Wrsp). A través de la prueba SIMPROF se estableció la genuina estructura multivariada entre estaciones, haciendo evidente la presencia de grupos homogéneos y su separación debido a la heterogeneidad a nivel estructural (French et al. 2013, Clarke et al. 2014); siendo estos factores obtenidos *a posteriori* confirmados a través de pruebas de PERMANOVA de una vía y llevando a cabo el análisis de similitud porcentual SIMPER adecuadamente (Clarke et al. 2008, 2014).

El conjunto de variables con mayor influencia sobre la estructura comunitaria, se identificó a través de la prueba BIOENV, teniendo en cuenta los conjuntos estructurales identificados a través de la prueba SIMPROF, evitando la sobre parametrización (Clarke et al. 2014); luego de excluir las variables que presentaron valores de correlación superiores a 0.70, con la finalidad de evitar la influencia de colinealidad (Dormann et al. 2013, Pirtle et al. 2015). Los componentes estructurales del hábitat discriminados a nivel global por el BIOENV (conjunto de variables), permitieron llevar a cabo la prueba LINKTREE, la cual a través de valores umbral de las variables ambientales, permitió identificar la presencia de diferencias multiestructurales del hábitat por estación.

3.3 Resultados

3.3.1 Aspectos generales de las comunidades megabentónicas evaluadas

Durante los cuatro cruceros oceanográficos se colectaron 174,811 individuos y 273,693 kg AFDW, los cuales equivalen a $1'919,937 \text{ ind km}^{-2}$ y $3,118 \text{ kg AFDW km}^{-2}$, distribuidos en 456 especies de 9 phyla (Anexo capítulo III, Figuras 9.1a-b). El 73.4% de la abundancia fue aportada de manera conjunta por dos grupos, los artrópodos representados exclusivamente por crustáceos (42.7%) y los moluscos (31.4%); los equinodermos aportaron 15.6% de la abundancia total, mientras que el resto de los grupos taxonómicos presentaron valores inferiores al 10%. En términos de biomasa, los crustáceos aportaron el 47.4%, seguidos por los moluscos, poríferos y equinodermos, los cuales exhibieron valores intermedios (17.7%, 13.9% y 10.7%, respectivamente), los grupos restantes presentaron valores inferiores al 3%.

Los valores de abundancia y biomasa fueron más altos en la MEPY con respecto a los registrados en el CPP (Tabla 3.2), siendo los crustáceos el taxa más abundante, seguido por los moluscos (Tabla 3.2); mientras que el CPP exhibió una tendencia dinámica en las contribuciones en abundancia entre crustáceos y equinodermos entre evaluaciones (Tabla 3.2). En términos de biomasa los poríferos y moluscos exhibieron el segundo valor de importancia en los MEPY, mientras que en el CPP los equinodermos y crustáceos fueron los grupos con mayor contribución a la biomasa de la comunidad (Tabla 3.2).

Durante el crucero oceanográfico GIV los valores de abundancia y biomasa total fueron $20.52 \cdot 10^3 \text{ ind}$ y 41.08 kg AFDW , valores de corresponden a $228.06 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $457.09 \text{ kg AFDW km}^{-2}$, distribuidos en 168 especies y 9 phyla (Tabla 3.2), siendo este el crucero con mayor cantidad de grupos taxonómicos de la presente evaluación. Los crustáceos aportaron el 41.6% de la abundancia, seguidos los moluscos y los equinodermos (39% y 12.1%, respectivamente; Tabla 3.1, Anexo capítulo III, Figuras 9.1a-b); los briozoos, sipuncúlidos y cordados fueron agrupados bajo el código "Otros" por exhibir valores muy bajos y pocas (Tabla 3.2). En términos de biomasa, los crustáceos aportaron el 77.2% y los grupos taxonómicos restantes presentaron valores inferiores al 10% (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Valores totales de abundancia y biomasa de los phyla capturados durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). Los valores de abundancia se encuentran en 10^3 ind km^{-2} y los de biomasa en kg AFDW km^{-2} .

Phylum	Gomex IV		Gomex V		Perdido II		Perdido III	
	Abundancia	Biomasa	Abundancia	Biomasa	Abundancia	Biomasa	Abundancia	Biomasa
Annelida	2.02	4.84	0.47	0.06	-----	-----	-----	-----
Arthropoda	94.97	355.87	576.62	699.84	91.61	315.43	46.74	103.00
Bryozoa	0.40	0.009	8.20	240.53	-----	-----	-----	-----
Cnidaria	6.29	5.90	58.98	57.22	0.73	7.18	0.100	0.083
Echinodermata	27.65	26.15	116.37	190.58	79.37	68.67	81.83	52.95
Mollusca	88.89	24.12	481.37	411.82	13.32	28.99	11.94	4.99
Porifera	7.45	36.36	124.05	487.86	0.10	1.06	-----	-----
Otros	0.40	3.71	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La megafauna bentónica evaluada durante el crucero oceanográfico GV fue más abundante y exhibió mayor biomasa. la abundancia total fue $122.94 \cdot 10^3$ ind $\sim 1.36 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y 180.2 kg AFDW $\sim 2,00$ kg AFDW km^{-2} , distribuidos en 7 phyla y 320 especies. Los crustáceos y moluscos contribuyeron en conjunto al 77.5% de la abundancia total; los 5 taxa restantes presentaron valores de abundancia relativa menores al 10%. En términos de biomasa, los crustáceos, moluscos, poríferos y briozoos exhibieron contribuciones superiores al 10%, siendo los equinodermos, cnidarios y poliquetos los grupos con valores inferiores al 10% (Tabla 3.2; Anexo capítulo III, Figuras 9.2a-b).

Durante el crucero oceanográfico PII se registró una abundancia total de $16.66 \cdot 10^3$ ind ~ 185.13 10^3 ind km^{-2} y 37.90 kg AFDW ~ 421.34 kg AFDW km^{-2} , distribuidos en 74 especies y 5 phyla. Los crustáceos representaron el 49.48% de la abundancia y los equinodermos el 42.87%; el resto de taxa exhibieron contribuciones menores al 10%. Una particularidad registrada en esta evaluación fue la presencia de dos especies de cnidarios y una de poríferos (*Anthopleura krebsi* y *Pennaria disticha* 453 ind km^{-2} y 282 ind km^{-2} , cada una; *Aplysia fluva* 100 ind km^{-2} ; Tabla 3.2). Durante esta evaluación los crustáceos y equinodermos aportaron el 91% de la biomasa total (74.8% y 16.3%, respectivamente), siendo escasos los aportes del resto de grupos (Tabla 3.2).

En el crucero PIII fueron colectados $12.65 \cdot 10^3$ ind $\sim 140.62 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y 14.5 kg AFDW ~ 161 kg AFDW km^{-2} , distribuidos en 69 especies de 4 phyla. Los equinodermos aportaron el 58.2% de la abundancia total, mientras que los crustáceos y los moluscos exhibieron contribuciones de 33.15% y 8.69%, aportando en conjunto 99.9%, siendo los cnidarios el grupo menos abundante y de distribución restringida (estación C3= $0.10 \cdot 10^3$ ind km^{-2}). El 63.9% de la biomasa fue aportada por los crustáceos, los equinodermos aportaron el 32.9% y los moluscos el 3.1% (Tabla 3.2).

3.3.2 Esfuerzo muestral

La riqueza de especies fue más elevada en los MEPY que en el CPP, siguiendo el patrón general registrado en términos de abundancia y biomasa (Tabla 3.2). Los moluscos y artrópodos crustáceos (crustáceos) exhibieron mayor riqueza especies, mientras que los cordados y sipuncúlidos presentaron una sola especie cada uno (Figuras 3.2a-f).

De las cuatro evaluaciones contempladas en el presente estudio, el crucero oceanográfico GV exhibió los valores más elevados de riqueza de especies en todos los phyla (Figura 5b). En los MEPY los moluscos dominaron la riqueza de especies ($GIV_S=57$ y $GV_S=128$), seguidos por los crustáceos ($GIV_S=34$ y $GV_S=73$), mientras que el crucero GIV presentó un mayor número de grupos taxonómicos (Figuras 3.1b-d).

En el CPP se capturaron menos especies que en los MEPY, no se observó consistencia en la presencia y contribución por grupo taxonómico, debido a la ausencia poríferos en el crucero PIII y diferencias en las contribuciones de los equinodermos entre cruceros; los crustáceos fueron el grupo con mayor riqueza en los dos cruceros ($PII_S=34$ y $PIII_S=31$; Figuras 3.1 b, e-f).

Los métodos no paramétricos de estimación del número de especies presentes en el área evaluada, junto a la técnica de ajuste de la curva de especies observadas de Michaelis-Menten, permitieron establecer diferencias entre los valores de especies observadas (obs.) y especies estimadas (est.) en los cuatro cruceros oceanográficos (Figuras 3.2a-b y 3.3a-b). Las medidas de estimación realizadas sobre los MEPY exhibieron mayor error y diferencia entre dichos valores con respecto a los valores observados en el CPP (Figuras 3.2a-b y 3.3a-b).

Durante el crucero GIV fueron observadas 168 especies, mientras que el valor estimado fue de 267 ± 30.28 ; Figura 3.2a), indicando que se capturó entre el 56% al 70% del total de las especies presentes en los márgenes externos evaluados en los MEPY (Figuras 3.2a). En el GA se capturó entre el 53% al 75% del total de especies, rango similar al registrado para todas las estaciones de los MEPY, mientras que el GB presentó valores más elevados (entre 62% a 73%; GA obs= 126, esp= 202 ± 32 ; GB obs=75, esp= 111 ± 9). En el crucero GV fueron identificadas 320 especies (obs), las cuales permiten establecer un rango de esfuerzo muestral entre 59% a 83% del total de especies, teniendo en cuenta que el valor estimado fue de 465 ± 78 especies (Figuras 3.2b).

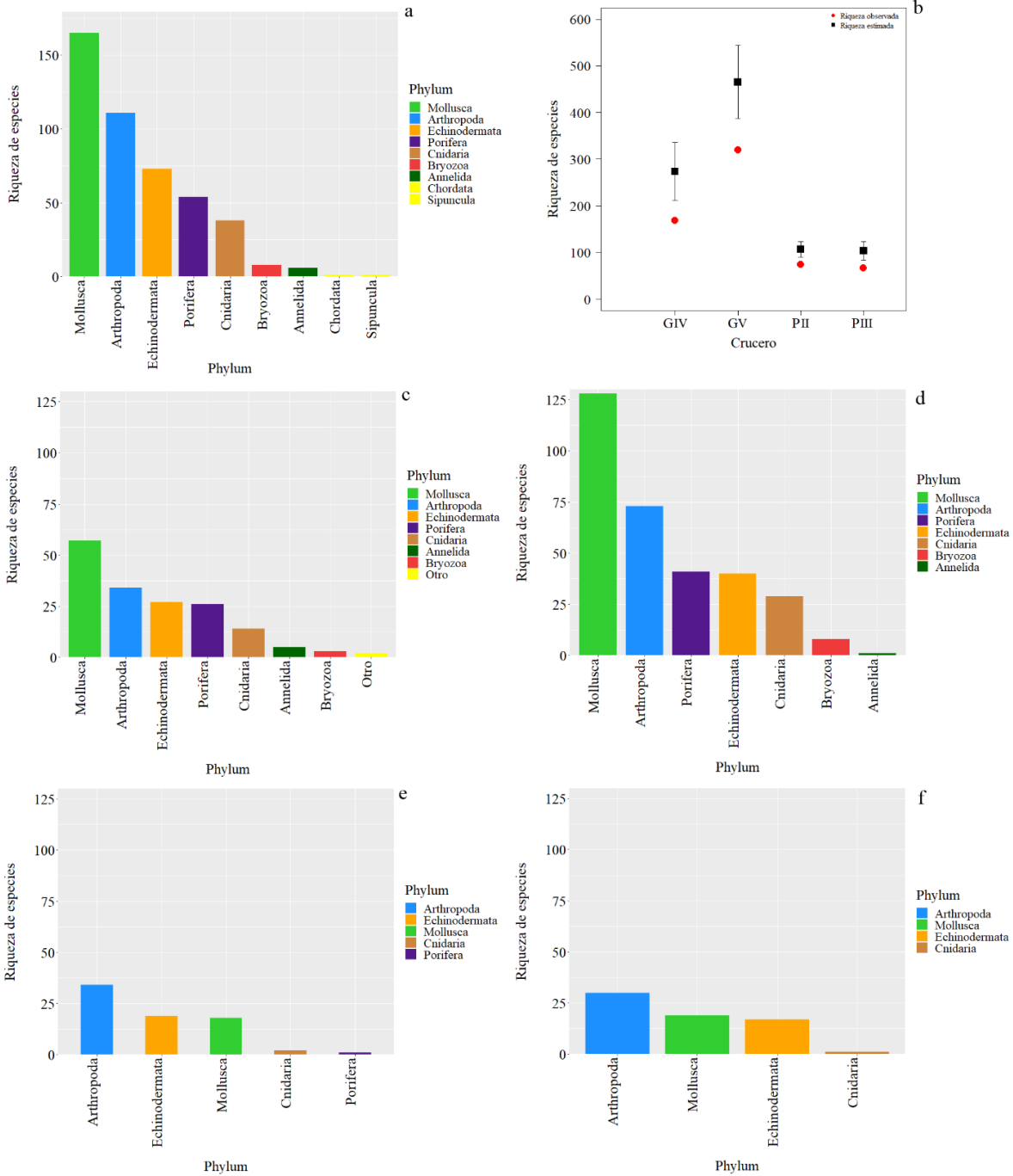


Figura 3.1. Riqueza de especies capturadas en los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). a. Riqueza de especies, b. Riqueza especies observada y estimada c, d. Riqueza de especie de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) observada en los cruceros GIV y GV, e, f. Riqueza de especies del Cinturón Plegado Perdido (CPP) observada en los cruceros PII y PIII.

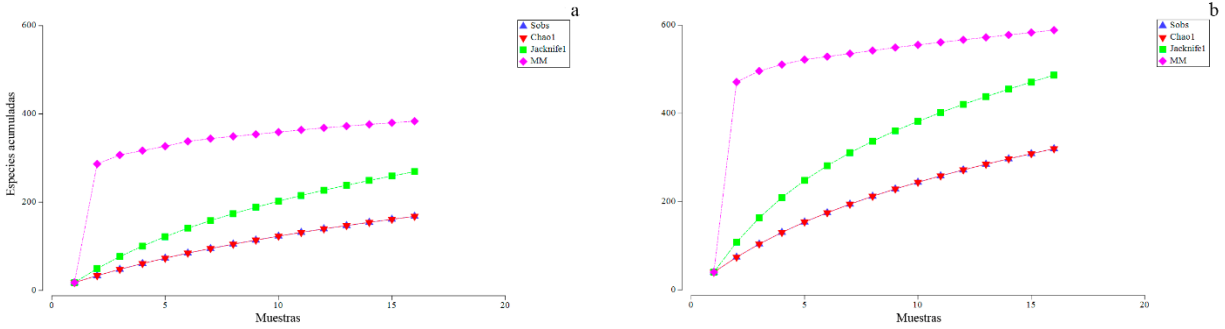


Figura 3.2. Curvas de acumulación de especies de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán, se presentan los métodos no paramétricos de Chao1, Jackknife 1 y el método de ajuste asintótico de riqueza de especies de Michaelis-Menten (MM). a, cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), b, crucero oceanográfico Gomex V (GV).

Como se mencionó anteriormente el número de especies en el CPP fue menor al observado en los MEPY (Figuras 3.1c-d), aunque el esfuerzo muestral entre áreas se mantuvo dentro del mismo rango de valores. Los rangos obtenidos en los cruceros oceanográficos PII y PIII fluctuaron entre 59% a 82% (obs=74, esp=107±17; 10 estaciones) y 54% a 81% (obs=69, esp=103±20; 9 estaciones), respectivamente; siendo mayor el esfuerzo muestral del primer crucero (Figuras 3.1 a-b, 3.3a-b).

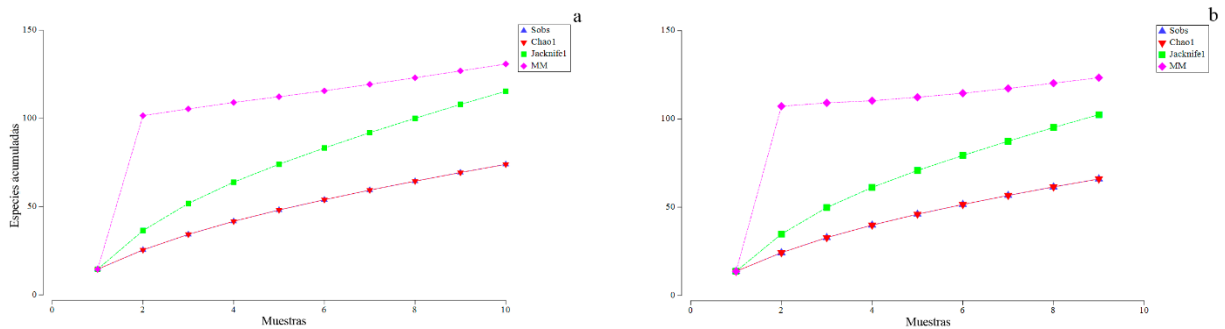


Figura 3.3. Curvas de acumulación de especies del Cinturón Plegado Perdido (CPP), se presentan los métodos no paramétricos de Chao1, Jackknife 1 y el método de ajuste asintótico de riqueza de especies de Michaelis-Menten (MM). a, crucero oceanográfico Perdido II (PII), y crucero oceanográfico Perdido III (PIII).

3.3.3 Especies con mayores contribución a la abundancia y biomasa

De las 456 especies identificadas durante los cuatro cruceros oceanográficos, fue posible discriminar un conjunto de 14 especies que exhibió el mayor rango de distribución geográfico (registradas entre 10 y 17 estaciones). Dicho grupo estuvo compuesto en un 66% por crustáceos decápodos, 20% por equinodermos de las clases Asteroidea y Crinoidea, mientras que los moluscos de la clase Bivalvia (13%).

Los valores porcentuales por especie fluctuaron entre 19.60% y 33.33% dichas especies se presentaron entre 11.76% y 33.33% del total de las estaciones evaluadas (51 estaciones en total), siendo *Achelous spinicarpus* (33.33%), *Acanthilia intermedia* (29.41%), *Penaeus aztecus* (29.41%), *Anasimus latus* (27.45%), *Aequipecten exasperatus* (25.49%) y *Squilla empusa* (25.49%), las más importantes de dicho grupo (Figura 3.4).

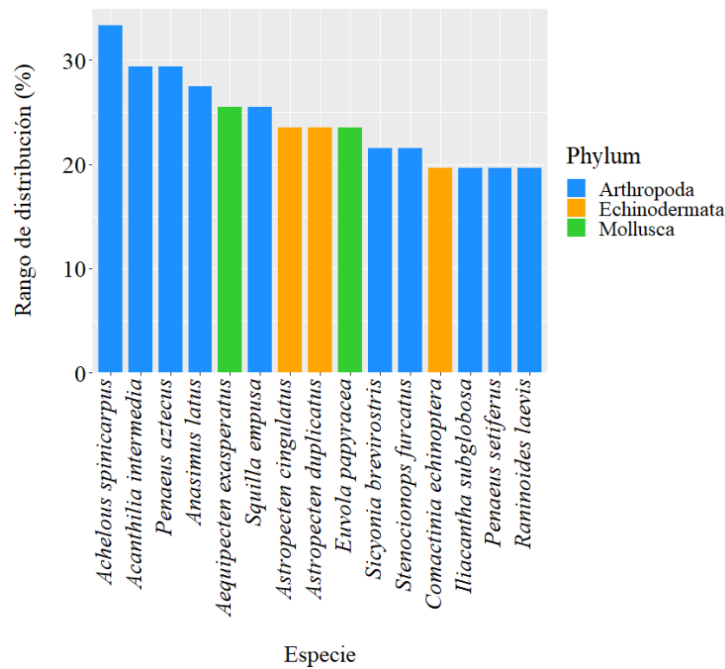


Figura 3.4. Rango de distribución de las especies capturadas en los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).

En términos de abundancia 20 especies (4.37% del total de especies capturadas), exhibieron valores de abundancia relativa entre 7.10% y 1.00%, contribuyendo con el 57.32% de la abundancia del megabentos de la presente evaluación (Figura 3.5a). En este conjunto nueve especies contribuyeron con el 42.4% de la abundancia total, siendo *Periclimenes iridescens* ($136.3 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 7.10\%$) y *Astropecten cingulatus* ($109.4 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 5.76\%$), las especies más abundantes (Anexo capítulo III, Tabla 9.10)

En términos a biomasa, el 5.47% de las especies presentaron contribuciones relativas mayores al 1% (25 especies) aportando el 67% de la biomasa total, siendo *Callinectes sapidus*, *Panulirus argus* ($146 \text{ kg AFDW km}^{-2} \sim 5.01\%$) y *Periclimenes iridescens* ($137.6 \text{ kg AFDW km}^{-2} \sim 4.8\%$), las especies con mayor contribución a la biomasa de las áreas evaluadas (Figura 3.5 b).

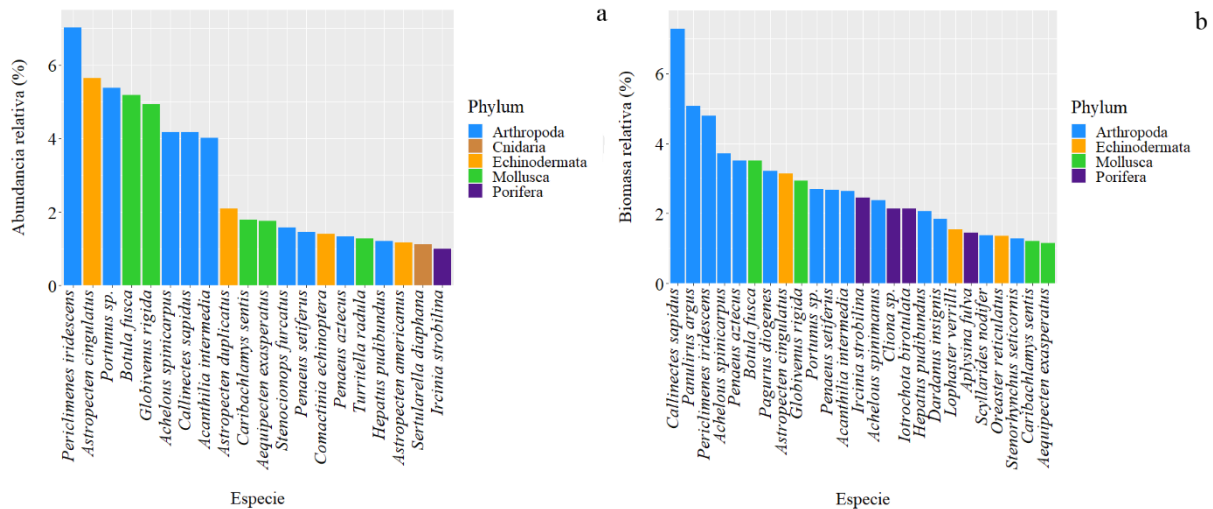


Figura 3.5. Especies con contribuciones mayores al 1% de la abundancia (a) y biomasa (b) relativa, capturadas durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).

3.3.4 Abundancia y estructura comunitaria de la Plataforma Continental de Yucatán

La fauna capturada en el crucero GIV se caracterizó por exhibir mayor abundancia en el sector oeste denominado GA ($172.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 75.5\%$), con respecto al observado en el GB (sectores central y este; $55.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 24.5\%$); debido la presencia numerosa de crustáceos y moluscos en el GA, los cuales representaron el 50.3% y 98.7% de la abundancia total de cada taxa. Las estaciones A3 y A5 aportaron el 69% de la abundancia del sector (Figura 3.6a).

Los poríferos al igual que los crustáceos y moluscos exhibieron mayor abundancia en el oeste de los MEPY (GA= $5.9 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 79.8\%$, GB= $1.5 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 20.15\%$), mientras que los equinodermos y cnidarios exhibieron valores más altos en el GB (GA= $3.4 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 12.8\%$, GB= $24.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 87.7\%$; GA= $1.0 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 16.6\%$, GB= $5.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 83.4\%$, respectivamente; Figura 3.6a-i).

La particularidad del crucero GIV fue presentar valores elevados en el sector oeste y un patrón de disminución de estos en dirección al este (Oeste: $34.4 \pm 45.7 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, Centro: $7.2 \pm 7.0 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y Este: $3.2 \pm 3.0 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.6a).

La abundancia promedio de los crustáceos fue más elevada en el sector oeste ($14.7 \pm 20.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), con respecto a la observada en el centro y este ($2.4 \pm 3.6 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $1.9 \pm 3.5 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, respectivamente). Las especies más importantes del grupo fueron *A. spinicarpus* ($46.1 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$) y *P. setiferus* ($14.3 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$) en las estaciones A5 y B8 del sector oeste, *A.*

spinicarpus y *A. intermedia* capturadas en las estaciones G34 e I43 del centro ($6.2 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $1.0 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , respectivamente); mientras que *S. empusa* junto con *A. spinicarpus* y *A. spinimanus* presentaron los valores más elevados en el este, siendo dichas especies capturadas en las estaciones M63 y P80 ($7.7 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , $1.4 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $1.1 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; Figura 3.6b).

Los moluscos fueron capturados en los extremos de los MEPY, estando ausentes en el centro de estos. Los valores de abundancia promedio fueron de $17.6 \pm 36.9 \cdot 10^3$ ind km^{-2} en el oeste y $0.076 \pm 0.11 \cdot 10^3$ ind km^{-2} en el sector este exhibió un valor menor. Las especies más abundantes del sector oeste capturadas en la estación A5 fueron *Turritella radula* y *Globivenus rigida* ($21.5 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $16.3 \cdot 10^3$ ind km^{-2}), mientras que en el este *Spondylus tenuis* capturada en la estación M63 exhibió el valor más elevado ($0.17 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; Figura 3.6c).

El patrón de distribución de los equinodermos fue marcadamente diferente, con valores más elevados en el centro, seguido por sector este y oeste (Centro: $3.8 \pm 5.5 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , Este: $0.8 \pm 0.6 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y Oeste: $0.6 \pm 0.4 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; Figura 3.6c); las especies más abundantes fueron *Acanthaster* sp. ($12.9 \cdot 10^3$ ind km^{-2}) capturada en la estación H39 del centro de la MEPY, *Tripneustes ventricosus* fue la más abundante del este ($0.7 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; estaciones P79 y P80), mientras que en el oeste *Clypeaster ravenelii* presentó el valor más elevado ($0.73 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; estaciones A4, A5 y B8; Figura 3.6d).

La abundancia promedio de los poríferos fue baja en el centro y alta en el oeste, siendo intermedio el valor del este (Centro: $0.97 \pm 0.13 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y Oeste: $1.2 \pm 1.2 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y Este: $0.15 \pm 0.15 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; Figura 3.6e). Las especies más abundantes fueron *Haliclona tubifera*, *Mycale laxissima* y *Diplastrella megastellata*, capturadas en los sectores oeste ($1.0 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , estación B8), centro ($0.26 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , estación G34) y este ($0.17 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , estaciones P79 y P80).

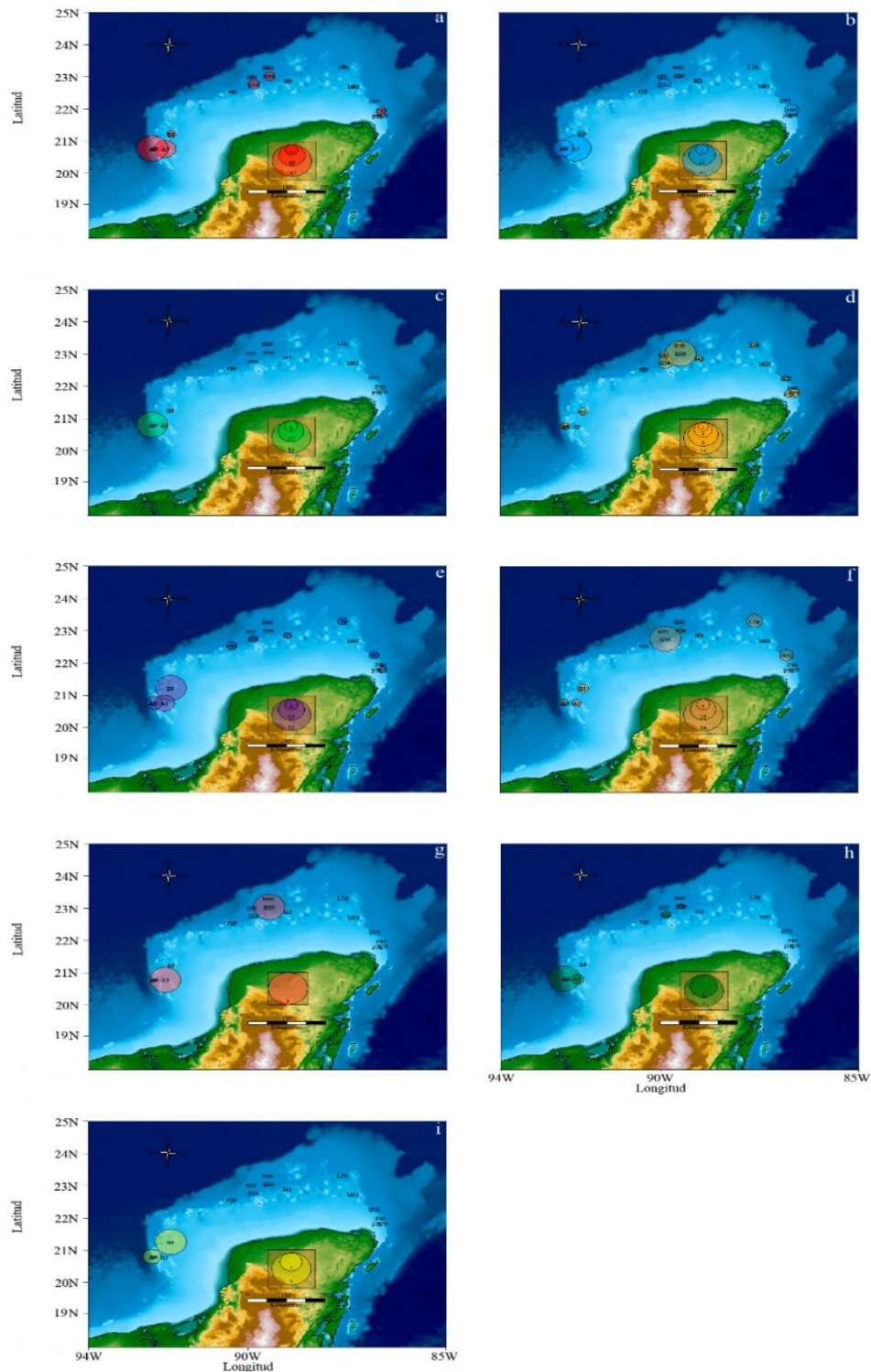


Figura 3.6. Abundancia de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY), capturada en el crucero Gomex IV (GIV). Los valores están en 10^3 ind km^{-2} , exceptuando las figuras e y f que se encuentran en 10^2 ind km^{-2} . a. Abundancia total, b. Abundancia de crustáceos, c. Abundancia de moluscos, d. Abundancia de equinodermos, e. Abundancia de poríferos, f. Abundancia de cnidarios, g. Abundancia de briozoos, h. Abundancia de anélidos, i. Abundancia de otros.

Los cnidarios se distribuyeron a lo largo de los MEPY, con el valor promedio más elevado en el centro, seguido y valores cercanos en los extremos (Centro: $0.72 \pm 1.49 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y Oeste: $0.21 \pm 0.20 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y Este: $0.27 \pm 0.41 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$). En el oeste el grupo fue representado por *Caryophyllia* sp, *Cereus* sp y *Macrorhynchia ramulosa* ($0.33 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, $0.16 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $0.15 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, respectivamente), en el centro por la presencia exclusiva de *Phymanthus crucifer* y *Ralpharia gorgoniae* ($3.50 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $0.074 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$); mientras que en el este *Stylaster roseus*, *Pseudoplexaura* sp y *Millepora alcicornis* fueron las especies más abundantes ($0.49 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, $0.33 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $0.38 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.6f).

Entre tanto, los briozoos presentaron abundancias bajas y se mantuvieron ausentes en el sector este MEPY, siendo representados exclusivamente por *Membranipora* sp en el oeste ($0.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$) y *Alcyonidium hauffi* y *Alcyonidium* sp en el centro ($0.1 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.6g).

La distribución de los anélidos poliquetos fue restringida (Figura 3.6h), siendo *Sabellastarte* sp y *Bispira melanostigma* las especies más abundantes del oeste ($1.3 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $0.26 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), mientras que *Nereis* sp y *B. melanostigma* exhibieron mayor contribución en el centro MEPY ($0.13 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $0.07 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.6h). El grupo “Otros” estuvo restringido a las estaciones A5 y B8, exhibiendo valores bajos de abundancia $5 \cdot 10^{-2} \text{ ind km}^{-2}$ y $0.15 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.6i).

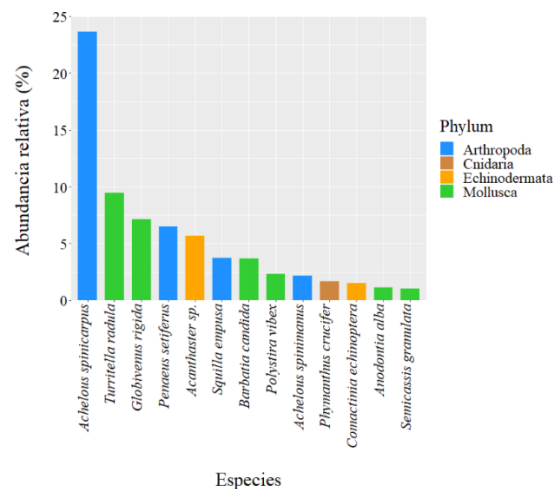


Figura 3.7. Abundancia relativa de las 13 especies megabentónicas con contribuciones mayores al 1%, capturadas en el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV).

Fue posible discriminar un grupo de 13 especies con valores de abundancia relativa superiores al 1% (13% de las especies), siendo *Achelous spinicarpus* (crustáceo decápodo) la especie más abundante durante el crucero GIV ($53.98 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 23.6\%$), el resto de las especies presentaron contribuciones menores al 10% (Anexo capítulo III, Tablas 9.10, 9.12).

El rango de distribución geográfica de especies a lo largo de las 16 estaciones se mantuvo por debajo del 43.7%, siendo *Clypeaster ravenelii* la especie que exhibió dicho valor (~ 7 estaciones), mientras que el 37% de las estaciones fueron capturadas *Achelous spinicarpus*, *Phymanthus crucifer* y *Comactinia echinoptera*; un conjunto de 25 especies se capturaron entre 3 a 5 estaciones y 31 especies en dos estaciones, mientras que el 64% de la fauna estuvo conformada por especies muy raras registradas en una sola estación (108 especies; Anexo capítulo III, Tabla 9.12). A pesar de dichos valores, las especies más abundantes fueron las más frecuentes (*Achelous spinicarpus*, *Phymanthus crucifer*, *Comactinia echinoptera*, *Achelous spinimanus*, *Penaeus setiferus* y *Squilla empusa*); entre tanto, *Acanthaster* sp se capturó en las estaciones G34 y H39 (Anexo capítulo III, Figura 9.3).

La prueba PERMANOVA de una vía permitió establecer la ausencia de diferencias en la estructura de la megafauna, debido a su distribución geográfica en los tres sectores de los MEPY, en términos del total de especies capturadas (Asp, $S=168$, PseudoF=1.36, $mcp=0.14$) y en el conjunto donde fueron excluidas las especies raras (Wrsp, $S=60$, PseudoF=1.61, $mcp=0.06$).

A su vez, la prueba SIMPROF junto a la comprobación realizada a través del PERMANOVA de una vía, permitieron establecer la presencia de seis grupos diferentes estructuralmente en términos totales y excluyendo las especies raras (Asp, $S=168$, PseudoF=1.56, $mcp < 0.026$; Wrsp, $S=60$, PseudoF=2.31, $mcp < 0.001$), diferencias debidas a una menor cantidad de estaciones aisladas (singletons) (Figuras 14a-b).

La prueba SIMPER permitió establecer un rango de similitud porcentual entre grupos de 12.17% a 43.03% y la presencia de tres singletons compuestos por las estaciones M63, A5 y P80 (grupos a, d y c; Figura 3.8a-b); mientras que el valor de estrés aportado por el análisis de ordenación fue de 0.18, el cual presentó un valor de correlación cofenética de 0.74.

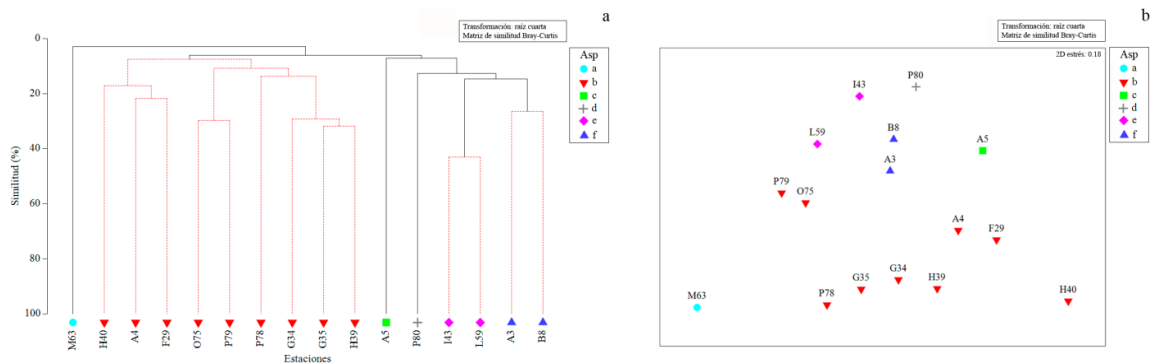


Figura 3.8. Análisis de clasificación cluster (a) y ordenación nMDS (b), calculados a partir de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex IV (GIV); se presentan los grupos aportados por la prueba de perfiles de similitud SIMPROF.

La prueba SIMPER permitió establecer un rango de fluctuación de 12.17% a 43.03% de similitud entre grupos, la presencia de tres singletons compuestos por las estaciones M63, A5 y P80 (grupos *a*, *d* y *c*; Figura 3.8a-b). Las especies *Comactinia echinoptera* y *C. ravenelii* contribuyeron con el 47.68% de la similitud de las nueve estaciones del grupo *b*, el cual exhibió el valor de similitud más bajo (12.51%).

Tabla 3.3. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) obtenido a partir de los valores de abundancia de la megafauna bentónica capturada en el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV).

Similitud promedio del grupo <i>b</i> 12.17%						Similitud promedio del grupo <i>f</i> 26.46%					
Especie	Av.Abun <i>b</i>	Av. Sim	Sim/SD	Cont %	Cum	Especie	Av.Abun <i>f</i>	Av. Sim	Sim/SD	Cont %	Cum
<i>Comactinia echinoptera</i>	2.61	3.12	0.54	25.61	25.61	<i>Achelous spinicarpus</i>	9.69	3.99	SD=0!	15.07	15.07
<i>Clypeaster ravenelii</i>	2.2	2.69	0.57	22.07	47.68	<i>Penaeus setiferus</i>	7.96	3.06	SD=0!	11.56	26.62
<i>Phymanthus crucifer</i>	1.84	0.79	0.43	6.46	54.14	<i>Geodia neptuni</i>	4.19	2.38	SD=0!	9	35.63
<i>Anthenoides peircei</i>	1.09	0.74	0.29	6.1	60.24	<i>Aplysina fistularis</i>	3.73	2.15	SD=0!	8.14	43.76
<i>Holothuria occidentalis</i>	1.2	0.65	0.27	5.32	65.56	<i>Astropecten alligator</i>	3.55	2.1	SD=0!	7.93	51.7
<i>Agolambrus agonus</i>	1.27	0.54	0.29	4.45	70.01	<i>Tedania ignis</i>	3.89	2.1	SD=0!	7.93	59.63
<i>Pseudarchaster gracilis</i>	1.44	0.53	0.29	4.35	74.36	<i>Euvola raveneli</i>	3.26	1.81	SD=0!	6.84	66.47
<i>Acanthilia intermedia</i>	1.37	0.52	0.29	4.28	78.64	<i>Ectyoplasia ferox</i>	3.71	1.81	SD=0!	6.84	73.31
<i>Stenorhynchus seticornis</i>	1.07	0.42	0.29	3.43	82.07	<i>Squilla empusa</i>	4.01	1.77	SD=0!	6.67	79.98
<i>Tedania ignis</i>	0.75	0.3	0.17	2.48	84.55	<i>Agelas sp.</i>	2.98	1.77	SD=0!	6.67	86.66
<i>Tripeustes ventricosus</i>	0.95	0.28	0.17	2.27	86.82	<i>Agelas wiedenmayeri</i>	2.98	1.77	SD=0!	6.67	93.33
<i>Achelous spinimanus</i>	0.97	0.26	0.17	2.17	88.99						
<i>Fulvia laevigata</i>	0.68	0.19	0.17	1.52	90.51						
						Similitud promedio del grupo <i>e</i> 43.03%					
						Especie	Av.Abun <i>e</i>	Av. Sim	Sim/SD	Cont %	Cum
						<i>Astropecten duplicatus</i>	4.22	9.32	SD=0!	21.65	21.65
						<i>Ralpharia gorgoniae</i>	2.87	6.74	SD=0!	15.67	37.32
						<i>Linckia guildingi</i>	2.87	6.74	SD=0!	15.67	52.99
						<i>Agelas wiedenmayeri</i>	2.87	6.74	SD=0!	15.67	68.66
						<i>Calyx podatypa</i>	2.87	6.74	SD=0!	15.67	84.33
						<i>Neopetrosia carbonaria</i>	2.87	6.74	SD=0!	15.67	100

El grupo *e* conformado por las estaciones I43 y L59 exhibió el valor de similitud más elevado (43.03%), siendo *A. duplicatus* la especie responsable de la formación del grupo (Tabla 3.3);

mientras que las especies *A. spinicarpus* y *P. setiferus* en el grupo *f* exhibieron contribuciones a la similitud de 15.07% y 11.56% en las estaciones A3 y B8.

El crucero GV se caracterizó por presentar un elevado número de especies raras (177 especies) y 14 especies con contribuciones de abundancia relativa mayores al 1%, aportando en conjunto el 53.80% de la abundancia total ($725 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$); mientras que 122 especies aportaron el 90% de la misma ($123 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Anexo capítulo III, Figura 9.5).

Sumado a esto, durante el crucero GV se capturó una elevada cantidad de zooides pertenecientes al briozoo *Schizoporella* sp, los cuales fueron contados individualmente aportando un valor de abundancia de $141.1 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, un elevado rango de distribución (11 estaciones; Anexo capítulo III, Figura 9.6); procedimiento que afecta el carácter colonial de la especie y sobreestima su abundancia, razón por la cual no fue tomada en cuenta dentro del análisis comunitario (Figura 3.9).

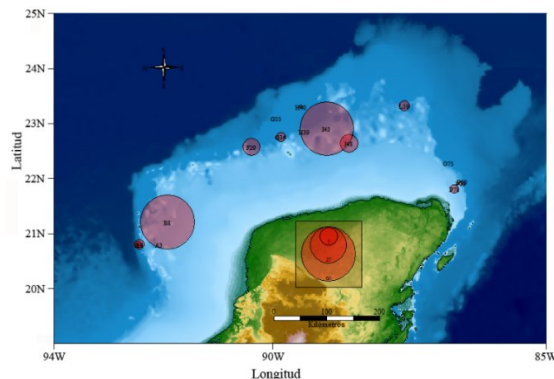


Figura 3.9. Distribución regional y abundancia de *Schizoporella* sp en el margen externo de la Plataforma Continental de Yucatán (MEPY).

Durante agosto de 2016 la megafauna bentónica de los MEPY fue representada en un 77.4% por crustáceos y moluscos (41.1% y 35.3%, respectivamente), los cuales fueron más abundantes en los sectores central y este (Oeste: $61.0 \pm 54.7 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, Central: $139.1 \pm 116.5 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, Este: $73.4 \pm 130.9 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.10a); patrón de distribución marcadamente diferente al registrado en el crucero GIV (Figuras 3.6a y 3.10a).

En el sector central de la MEPY los crustáceos exhibieron el valor de abundancia promedio más elevado ($49.88 \pm 61.6 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.10b), debido a la presencia de las especies *Periclimenes iridescens*, *Acanthilia intermedia*, *Achaelous spinicarpus* y *Ranilia constricta* en las

estaciones H40 e I43 (Figura 3.10b); en el este el valor de abundancia promedio fue $37.3 \pm 74 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , siendo las especies *Portunus* sp, *A. intermedia* y *Hepatus pudibundus* capturadas a 120m de profundidad en la estación O75 las más abundantes del sector ($60.5 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , $61.7 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $22 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , respectivamente); mientras que en el sector oeste el valor calculado fue más bajo ($18 \pm 16.6 \cdot 10^3$ ind km^{-2}) y aportado por las especies *Portunus* sp, *Stenocionops furcatus* y *I. subglobosa* (Anexo capítulo III, Tabla 9.13).

Los moluscos presentaron un patrón similar al observado en los crustáceos, con un valor máximo de abundancia promedio en el sector central ($47.9 \pm 42.4 \cdot 10^3$ ind km^{-2}), intermedia en el este y baja en el oeste ($27.3 \pm 56.3 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $11.4 \pm 15.6 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , respectivamente). Las especies *Globivenus rigida* y *Caribachlamys sentis* fueron las más abundantes del centro ($65.7 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $34 \cdot 10^3$ ind km^{-2}), en el este *Botula fusca* y *Aequipecten exasperatus* aportaron la mayor parte de la abundancia ($94 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $10 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , respectivamente); mientras que *G. rigida* y *Pitar fulminatus* exhibieron distribuciones restringidas y las abundancias más elevadas del sector oeste ($13.8 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y *P. fulminatus* = $12.2 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; Figura 3.10c; Anexo capítulo III, Tabla 9.13).

Los equinodermos fueron más abundantes en el centro ($14.1 \pm 12.7 \cdot 10^3$ ind km^{-2}), seguido por los valores observados en los sectores oeste y este ($4.0 \pm 1.9 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $2.2 \pm 2.3 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , respectivamente). Las especies *Astropecten americanus*, *Comactinia echinoptera*, y *Ophiocreas lumbricus* fueron las más abundantes en el centro ($22.5 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , $20.7 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $7.3 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , respectivamente; Figura 9d), en el sector oeste los valores más elevados los exhibieron *Tamaria halperni*, *C. echinoptera* y *Luidia clathrata* ($4.8 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , $2.9 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $2.1 \cdot 10^3$ ind km^{-2}); mientras que las especies *Holothuria* sp, *Ophiacantha echinulata* y *Nymphaster arenatus* presentaron los valores más altos en el este ($4.9 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , $1.6 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $1.1 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , respectivamente; Figura 3.10d).

Los poríferos fueron más abundantes en el centro y oeste de los MEPY, siendo baja la abundancia promedio del sector este (Centro: $9.7 \pm 20.1 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , Oeste: $11.8 \pm 11 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , Este: $1.2 \pm 0.8 \cdot 10^3$ ind km^{-2}). En el centro de los MEPY las especies *I. strobilina* y *Agelas* sp presentaron los valores más elevados ($18.5 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $4.8 \cdot 10^3$ ind km^{-2}), en el oeste *Cliona* sp y *Cliona varians* fueron las especies más abundantes ($8.8 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $8.1 \cdot 10^3$ ind km^{-2}), mientras que

Ulosa sp presentó el valor más elevado en el este ($1.4 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; Figura 3.10f; Anexo capítulo III, Tabla 9.13).

Los cnidarios exhibieron valores elevados en el centro y este de los MEPY ($5.5 \pm 7.2 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $1.4 \pm 1.3 \cdot 10^3$ Ind km^{-2} , respectivamente), mientras que al oeste su abundancia promedio fue la más baja ($3.6 \pm 4.0 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; Figura 3.10f). *Sertularella diaphana*, *Pennaria disticha* y *Cirrhopathes* sp fueron las especies más abundantes del centro ($9.1 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , $5.8 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $4.6 \cdot 10^3$ ind km^{-2}), los valores más elevados en el este fueron exhibidos por *Sertularella diaphana*, *Macrorhynchia ramulosa* y *Millepora squarrosa* ($11.8 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , $2.0 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $1.4 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , respectivamente), mientras que al oeste de los MEPY *Titanideum frauenfeldii* y *Cirrhopathes* fueron las más abundantes ($1.8 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $1.1 \cdot 10^3$ ind km^{-2}).

El valor promedio más elevados de los briozoos fue observado en el valor más alto en el este, seguido por los valores registrados en el sector central y oeste (Este: $0.73 \pm 1.64 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , Centro: $0.65 \pm 0.71 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , Oeste: $0.12 \pm 0.28 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; Figura 3.10g), donde *Reteporellina evelinae* fue la especie más abundante del grupo ($2.0 \cdot 10^3$ ind km^{-2}). Los anélidos poliquetos se restringieron en la estación B8 donde fue capturada la única especie del grupo (*Branchiomma* sp= $0.48 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; Figura 3.10h).

Dados los patrones de contribución anteriormente mencionados, no es una sorpresa que los crustáceos, moluscos y equinodermos fueran los grupos con contribuciones mayores al 1%, aportando más del 87.94% de la abundancia total, siendo *S. diaphana* y *I. strobilina* las especies autógenas más abundantes (Figura 3.11).

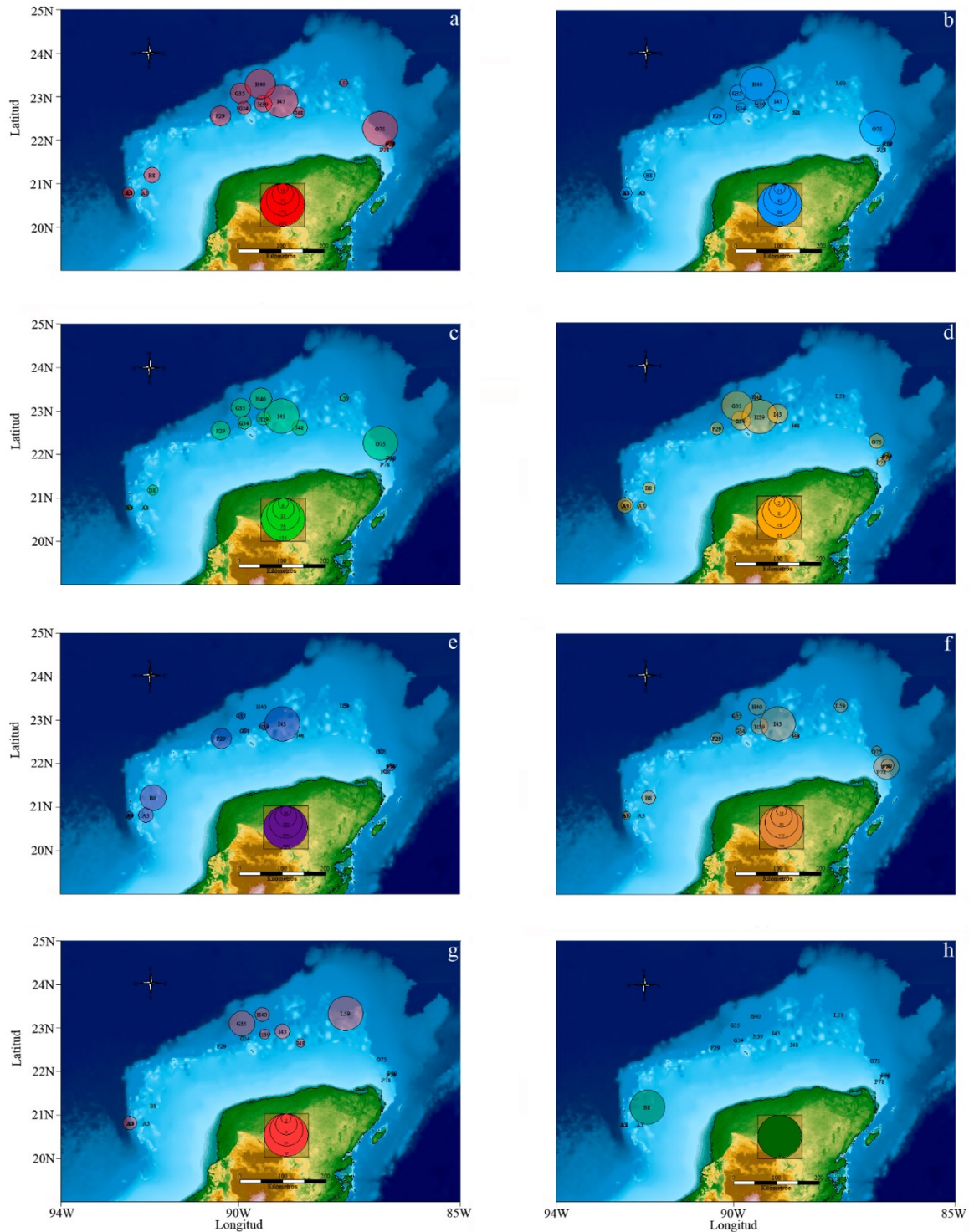


Figura 3.10. Abundancia de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) evaluada en el crucero Gomex V (GV), las unidades de los valores son 10^3 ind km^{-2} , exceptuando las figuras e-h que se encuentran en 10^2 ind km^{-2} . a. Abundancia total, b. Abundancia de crustáceos, c. Abundancia de moluscos, d. Abundancia de equinodermos, e. Abundancia de poríferos, f. Abundancia de cnidarios, g. Abundancia de briozoos y h. Abundancia de anélidos.

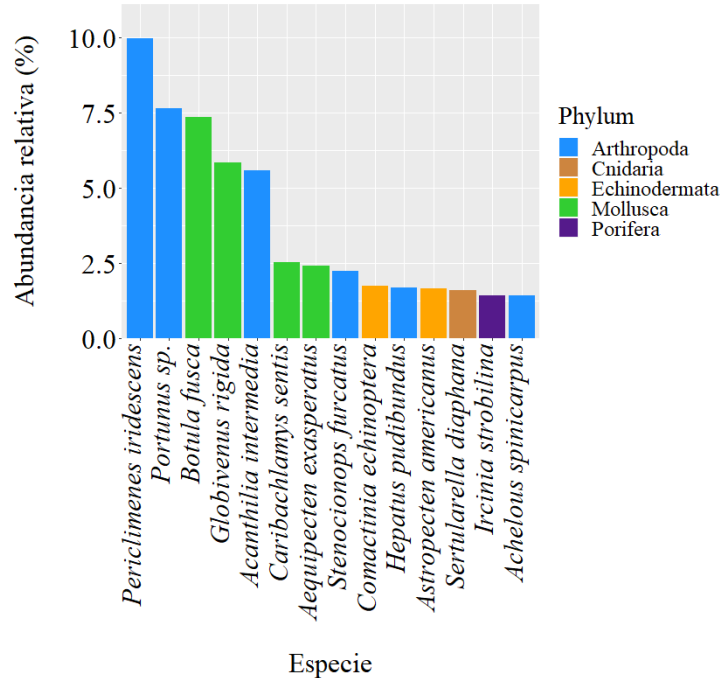


Figura 3.11. Abundancia relativa de las especies megabentónicas con contribuciones superiores al 1%, capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV).

El rango de distribución geográfica por especie fue mayor al registrado durante el crucero GIV, siendo posible observar dos especies muy comunes (observadas en 11 estaciones ~68%), con aportes mayores al 1% de la abundancia total (*Aequipecten exasperatus* y *Stenocionops furcatus*). *Portunus* sp fue la única especie común para los MEPY, dada su distribución entre el 50% al 62% de las estaciones.

La distribución de *A. intermedia*, *G. rigida* y *S. diaphana* fue propia de especies casi comunes (entre 30% al 49% de las estaciones), con contribuciones mayores al 1% (Figura 3.11). El 19.7% fueron especies poco comunes (63 especies), distribuidas entre el 18% al 25% de las estaciones. De las 61 especies con distribución restringida (12.5% de las estaciones), *A. spinicarpus* fue el único representante de las especies más abundante (Figura 3.11); mientras que 177 especies fueron observadas en una sola estación, siendo muy raras al interior de los MEPY y *A. americanus* la especie más abundante (Figura 3.11; Anexo capítulo III, Tabla 9.13, Figura 9.6).

Al igual que las comunidades evaluadas durante el crucero GIV, la megafauna bentónica no presentó diferencias términos de abundancia de organismos entre sectores, evidenciado con la información aportada en el total de especies capturadas y el subgrupo que excluye las con

distribución restringida (Asp, S=319, PseudoF=1.39, $mcp=0.11$; Wrsp, S=142, PseudoF=1.46, $mcp=0.08$).

A su vez, el número de grupos con diferencias estructurales fue mayor al observado durante la primera campaña, ya que fueron identificados 8 grupos a través de la prueba SIMPROF, los cuales fueron confirmados a través del PERMANOVA de una vía (Asp, S=319, PseudoF=1.71, $mcp=0.004$; Wrsp, S=142, PseudoF=1.80, $mcp=0.003$; Figuras 3.12a-b).

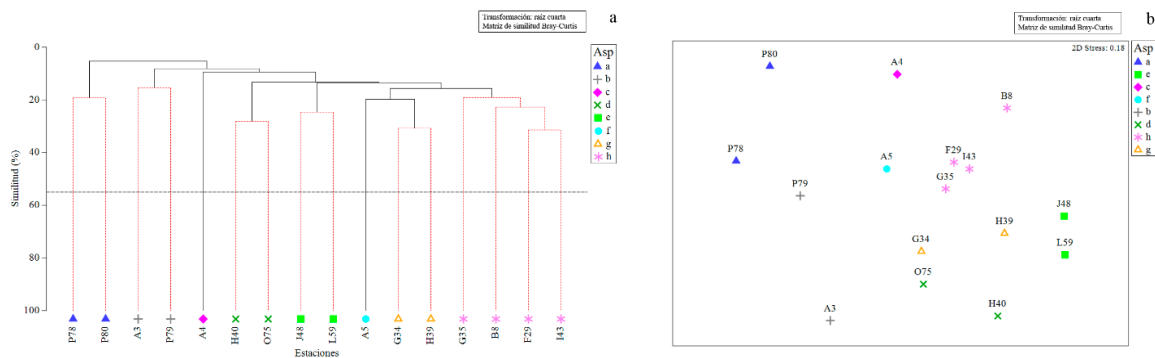


Figura 3.12. Análisis de clasificación cluster (a) y de ordenación nMDS (b); realizados con el total de especies capturadas durante el crucero Gomex V (GV); se presentan los grupos aportados por la prueba de perfiles de similitud SIMPROF.

Durante el GV se exhibieron dos singletons (estaciones A4 y A5; Figura 3.14), siendo los grupos *c* y *f*; mientras que seis (6) grupos exhibieron valores de similitud entre 15.40% y 30.76% (Tabla 3.3). El grupo *a* agrupó las estaciones P78 y P80 con valor de similitud de 19.23% y elevadas contribuciones de *Portunus gibbesii* y *Scyllarides nodifer* (Tabla 3.4).

Las estaciones A3 y P79 del grupo *b*, exhibió el mismo porcentaje de contribución por parte de las especies responsables de la formación del grupo, con un porcentaje de similitud de 15.40% (Tabla 3.3); Las estaciones H40 y O75 agrupadas con un 28.18% de similitud en el grupo *d* conformado presentaron contribuciones superiores al 10% por parte de las especies *Acanthilia intermedia*, *A. exasperatus* y *Botula fusca* (Tabla 3.4).

Las especies *Chama macerophylla* y *Arcinella cornuta* exhibieron las mayores al 10% de similitud del grupo *e* (13.32% y 9.74%), aportando en conjunto el 24.64% de similitud exhibida entre las estaciones J48 y L59; mientras que en el sector central, las estaciones G34 y H39 deben el hecho de presentar valor más elevado de similitud del crucero GV, a la presencia de *C. echinoptera* y *S.*

furcatus en el grupo g (30.56%; Tabla 3.4). El grupo más con mayor cantidad de estaciones (grupo h), a su vez presentó el mayor número de especies, con contribuciones inferiores al 10%, siendo *Globivenus rigida* y *Aequipecten exasperatus* las especies con los valores más altos (8.41% y 6.28%, respectivamente; Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) obtenido a partir de los valores de abundancia de la megafauna bentónica capturada en el crucero oceanográfico GOMEX V (GV).

Grupo a. Similitud porcentual promedio: 19.23%						Grupo b. Similitud porcentual promedio: 15.40%					
Especie	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	Especie	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Portunus gibbesii</i>	5.95	10.93	SD=0!	56.82	56.82	<i>Stenocionops furcatus</i>	4.41	5.13	SD=0!	33.33	33.33
<i>Scyllarides nodifer</i>	4.35	8.3	SD=0!	43.18	100	<i>Halichondria (Halichondria) bowerbanki</i>	4.83	5.13	SD=0!	33.33	66.67
						<i>Hymeniacidon heliophila</i>	6.41	5.13	SD=0!	33.33	100
Grupo d. Similitud porcentual promedio: 28.18%						Grupo h. Similitud porcentual promedio: 22.42%					
Especie	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	Especie	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Acanthilia intermedia</i>	13.12	3.63	SD=0!	12.89	12.89	<i>Globivenus rigida</i>	9.68	1.88	3.34	8.41	8.41
<i>Aequipecten exasperatus</i>	10.23	3.42	SD=0!	12.12	25.00	<i>Aequipecten exasperatus</i>	5.54	1.41	5.7	6.28	14.69
<i>Botula fusca</i>	13.16	3.05	SD=0!	10.84	35.84	<i>Stenocionops furcatus</i>	6.49	1.05	0.89	4.67	19.36
<i>Dardanus insignis</i>	7.82	2.7	SD=0!	9.58	45.43	<i>Cliona varians</i>	5.65	0.97	0.87	4.33	23.69
<i>Hipponix antiquatus</i>	8.15	2.53	SD=0!	8.99	54.42	<i>Portunus sp.</i>	6.78	0.95	0.74	4.24	27.93
<i>Periglypta listeri</i>	7.97	2.46	SD=0!	8.73	63.14	<i>Iotrochota biroulata</i>	5.03	0.84	0.89	3.76	31.68
<i>Petrolisthes politus</i>	6.96	2.29	SD=0!	8.12	71.27	<i>Tamaria halperni</i>	4.65	0.79	0.89	3.54	35.22
<i>Phaceloclytus flos</i>	5.83	1.85	SD=0!	6.58	77.85	<i>Anasimus latus</i>	4.84	0.76	0.84	3.41	38.63
<i>Cinctura lilium</i>	5.98	1.85	SD=0!	6.58	84.43	<i>Arca imbricata</i>	4.4	0.76	0.85	3.39	42.02
<i>Macrorhynchia ramulosa</i>	4.78	1.46	SD=0!	5.19	89.62	<i>Craniella sp.</i>	4.3	0.71	0.89	3.16	45.17
<i>Crucibulum auricula</i>	4.36	1.46	SD=0!	5.19	94.81	<i>Iliacantha subglobosa</i>	3.84	0.67	0.89	2.98	48.16
						<i>Plakortis angulospiculatus</i>	4.26	0.66	0.89	2.93	51.09
Grupo e. Similitud porcentual promedio: 24.64%						Grupo g. Similitud porcentual promedio: 30.76%					
Especie	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	Especie	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Chama macerophylla</i>	6.59	3.28	SD=0!	13.32	13.32	<i>Comactinia echinopectera</i>	9.79	2.62	SD=0!	8.52	8.52
<i>Arcinella cornuta</i>	4.82	2.4	SD=0!	9.74	23.06	<i>Stenocionops furcatus</i>	7.00	1.9	SD=0!	6.17	14.68
<i>Dardanus fucosus</i>	4.67	2.15	SD=0!	8.73	31.79	<i>Pagurus politus</i>	6.56	1.72	SD=0!	5.60	20.28
<i>Periclimenes iridescens</i>	4.67	2.15	SD=0!	8.73	40.52	<i>Pagurus longicarpus</i>	6.17	1.59	SD=0!	5.18	25.47
<i>Aequipecten exasperatus</i>	5.66	2.15	SD=0!	8.73	49.25	<i>Anodontia alba</i>	5.30	1.59	SD=0!	5.18	30.65
<i>Busycoarctum coarctatum</i>	5.16	2.15	SD=0!	8.73	57.98	<i>Busycoarctum coarctatum</i>	5.30	1.59	SD=0!	5.18	35.84
<i>Letosolenus bisulcatus</i>	5.28	2.15	SD=0!	8.73	66.71	<i>Vokesimurex cabritii</i>	6.17	1.59	SD=0!	5.18	41.02
<i>Megapitaria maculata</i>	4.42	2.15	SD=0!	8.73	75.44	<i>Dardanus fucosus</i>	5.84	1.56	SD=0!	5.06	46.08
<i>Adeonellopsis subsulcata</i>	4.45	2.02	SD=0!	8.19	83.62	<i>Cirrhopathes sp.</i>	5.03	1.56	SD=0!	5.06	51.15
<i>Pterogorgia citrina</i>	4.05	2.02	SD=0!	8.19	91.81	<i>Astropathes alligator</i>	5.03	1.56	SD=0!	5.06	56.21
						<i>Polycera chilluna</i>	5.30	1.56	SD=0!	5.06	61.27
						<i>Anthenoides peircei</i>	5.66	1.34	SD=0!	4.36	65.63
						<i>Aequipecten exasperatus</i>	5.66	1.34	SD=0!	4.36	69.99
						<i>Anadara seticostata</i>	4.63	1.34	SD=0!	4.36	74.35
						<i>Strombus alatus</i>	4.63	1.34	SD=0!	4.36	78.71
						<i>Pseudoplexaura sp.</i>	4.23	1.31	SD=0!	4.26	82.97
						<i>Ophiacantha echinulata</i>	4.64	1.31	SD=0!	4.26	87.23
						<i>Stylocidaris affinis</i>	4.91	1.31	SD=0!	4.26	91.48
						<i>Mycale (Aegogropila) americana</i>	2.4	0.27	0.41	1.22	72.50
						<i>Sicyonia sp.</i>	3.31	0.27	0.41	1.22	73.72
						<i>Arca zebra</i>	3.31	0.27	0.41	1.22	74.94
						<i>Crucibulum auricula</i>	2.29	0.26	0.41	1.14	76.08
						<i>Geodia neptuni</i>	2.35	0.25	0.41	1.11	77.20
						<i>Octopus vulgaris</i>	3.06	0.25	0.41	1.10	78.30
						<i>Halichondria (Halichondria) bowerbanki</i>	3.14	0.24	0.41	1.08	79.38
						<i>Euvola raveneli</i>	3.41	0.24	0.41	1.06	80.44
						<i>Cirrhopathes sp.</i>	3.27	0.23	0.41	1.04	81.47
						<i>Lobatus raninus</i>	3.54	0.23	0.41	1.04	82.51
						<i>Barbatia candida</i>	3	0.23	0.41	1.03	83.54
						<i>Mycale sp.</i>	3.46	0.21	0.41	0.92	84.46
						<i>Panopeus herbstii</i>	3.28	0.2	0.41	0.91	85.37
						<i>Penaeus sp.</i>	2.74	0.2	0.41	0.91	86.28
						<i>Neopetrasia carbonaria</i>	2.9	0.2	0.41	0.91	87.18
						<i>Moretadromia antillensis</i>	2.75	0.2	0.41	0.89	88.08
						<i>Strombus alatus</i>	2.61	0.2	0.41	0.89	88.97
						<i>Vokesimurex rubidus</i>	3.03	0.2	0.41	0.89	89.86
						<i>Munida trrasa</i>	2.51	0.2	0.41	0.87	90.73

3.3.5 Relación de la abundancia de la megafauna bentónica con las variables ambientales en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán

La prueba de BIOENV realizada con la información del crucero GIV, permitió establecer a la longitud y latitud como las variables más importantes ($0.250 \leq \rho \leq 0.378$). Mientras que durante el

crucero GV, la longitud, temperatura, clasificación del sedimento, vanadio, 2,6-dimetilnaftaleno, n -C₁₆, n -C₃₇, n -C₄₀ fueron el conjunto de variables que más influenciaron la estructura de la comunidad en términos de abundancia ($\rho=1.00$).

A través de la prueba LINKTREE fue posible determinar a la concentración de n -C₃₇ como el gradiente ambiental más importante durante el crucero GV, separando las estaciones P78 y P80 del resto de áreas evaluadas, por la presencia de concentraciones de n -C₃₇ inferiores a 1.91 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (A: R=0.69; B%=87; Figura 3.13).

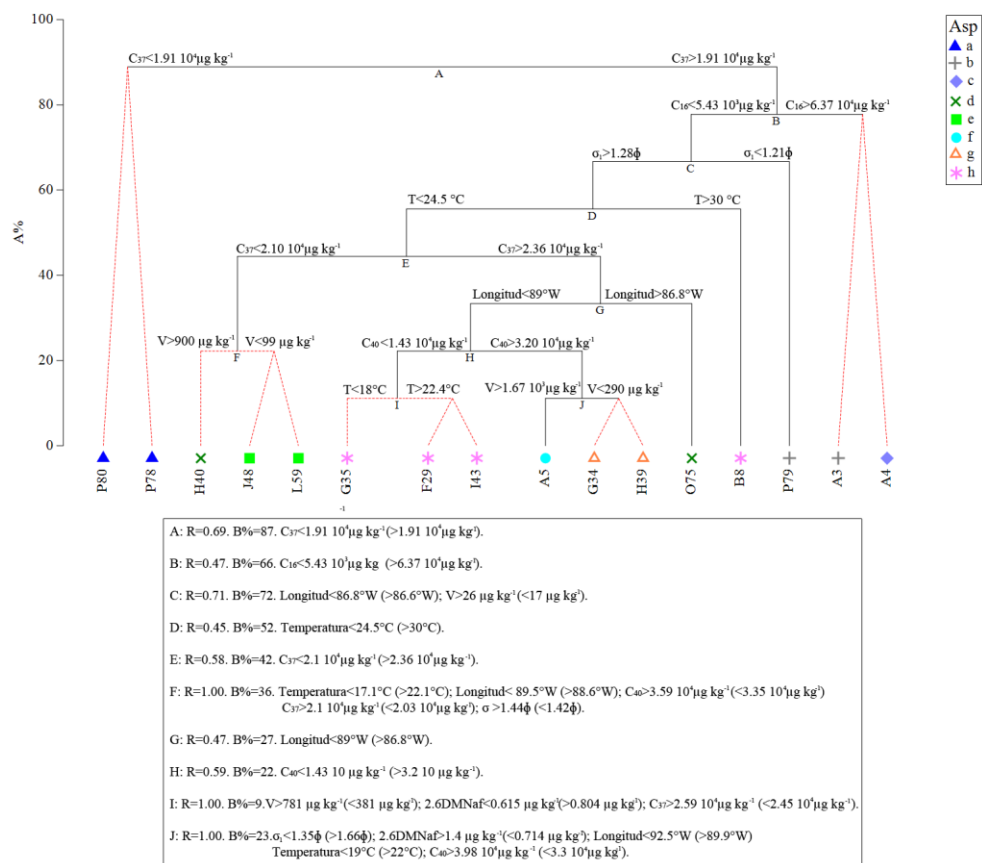


Figura 3.13. Prueba LINKTREE realizada a partir de la abundancia de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex V (GV).

Las concentraciones de n -C₁₆ inferiores a 6.37 10³ $\mu\text{g kg}^{-1}$ separaron las estaciones A3 y A4 de las estaciones restantes (B: R=0.47; B%=66; Figura 3.13); mientras que la estructura del hábitat de las estaciones P79, B8 y O75, fueron estructuralmente diferente en mayor medida por presenta menor clasificación de sedimento ($\sigma_1<1.21\phi$; C: R=0.71; B%=72), temperaturas superiores a 29°C

(D: R=0.45; B%=52; Figura 3.13) y concentraciones de *n*-C₃₇ superiores a 2.36 10⁴ µg kg⁻¹, con una posición longitudinal menor a 86.8° W (F: R=1.00; B%=36; Figura 3.13).

En el centro de los MEPY el *n*-C₃₇ determinó el gradiente ambiental (C₃₇< 2.1 10⁴ µg kg⁻¹; E: R=0.58; B%=42; Figura 3.13); siendo posible identificar a las estaciones H40, J48 y L59 como un grupo definido a nivel de hábitat por múltiples variables (V>900 µg kg⁻¹, C₄₀>3.59 10⁴ µg kg⁻¹, C₃₇> 2.03 10⁴ µg kg⁻¹, T >22.1°C, Longitud >88.6°W; F: R=1.00; B%=36; Figura 3.13).

En los límites del sector oeste y central (estaciones G35, F29 e I43), se diferenciaron del resto de estaciones por presentar concentraciones de *n*-C₄₀ menores a 1.43 10⁴ µg kg⁻¹ (H: R=0.59; B%=22; Figura 3.13); mientras que la estructura del hábitat de las estaciones G34 y H39 fue determinada por múltiples variables, diferenciándolas de la estación A5, siendo esta última el cuarto singleton de los MEPY (V>1.67 10³ µg kg⁻¹, 2.6DMNaf > 1.4 µg kg⁻¹, C₄₀>3.98 10⁴ µg kg⁻¹; Figura 3.13).

3.3.6 Biomasa y estructura comunitaria de la megafauna bentónica de en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán.

Durante el crucero GIV los valores de biomasa fueron más elevados en el sector oeste (52.8±32.2 kg AFDW km⁻²), seguido por el sector este y el centro de los MEPY (28.9±21.74 kg AFDW km⁻², 3.8 ±1.6 kg AFDW km⁻², respectivamente). A nivel de estación no se presentó un patrón geográfico consistente, ya que las estaciones A3 y M63 exhibieron los valores más altos (176.9 kg AFDW km⁻² y 137.2 kg AFDW km⁻², respectivamente), mientras que la estación H40 presentó el valor más bajo (0.14 kg AFDW km⁻²).

Los crustáceos influenciaron los valores totales de biomasa, ya que presentaron los valores más elevados (Figura 3.14b), siendo sus valores promedio mayores en los extremos que en el centro (Oeste: 37.1 ± 71.3 kg AFDW km⁻², Centro: 1.6 ± 2.2 kg AFDW km⁻², Este: 26.9 ± 53.8 kg AFDW km⁻²). En el oeste *A. spinicarpus*, *P. setiferus*, *A. spinimanus* y *P. argus* influenciaron los valores de biomasa (12.7 ≤ kg AFDW km⁻² ≤ 75.1; Anexo capítulo III, Tabla 9.14), en el este las mayores contribuciones fueron realizadas por *P. argus* y *A. spinicarpus*, capturadas en las estaciones M63 y P80 (133 kg AFDW km⁻² y 10.2 kg AFDW km⁻², respectivamente); mientras que en el centro las especies *A. spinicarpus*, *P. aztecus* y *A. intermedia* exhibieron los valores más elevados (3.7 ≤ kg AFDW km⁻² ≤ 1; Anexo capítulo III, Tabla 9.14).

Los moluscos presentaron valores elevados en el oeste y los más bajos en el este (47.2 ± 83.3 kg AFDW km^{-2} y 0.079 ± 0.17 kg AFDW km^{-2} , respectivamente), estando ausentes en el centro de los MEPY (Figura 3.14c). Las especies *Globivenus rigida* y *Spondylus tenuis* exhibieron las mayores contribuciones a la biomasa de los extremos oeste y este, respectivamente (4.65 kg AFDW km^{-2} y 0.41 kg AFDW km^{-2} ; Figura 3.14c).

Los equinodermos presentaron valores de biomasa elevados en el centro, seguido por los sectores oeste y este (Centro: 2.0 ± 2.3 kg AFDW km^{-2} , Oeste: 1.6 ± 2.0 kg AFDW km^{-2} y Este: 1.2 ± 0.76 kg AFDW km^{-2} ; Figura 3.16d). La especie *Clypeaster ravenellii* exhibió los valores más altos de biomasa en los tres sectores ($1.5 \leq \text{kg AFDW km}^{-2} \leq 2.48$); mientras que las especies *Pseudarchaster gracilis* y *Acanthaster* sp presentaron valores elevados en el centro, *Goniaster tessellatus* en el oeste y *Linckia guildingi* en el este de los MEPY (Figura 3.14d; Anexo capítulo III, Tabla 9.14).

Los poríferos presentaron mayor biomasa en el oeste de los MEPY, valores intermedios en el este y los más bajos en el centro (Oeste: 6.9 ± 1.0 kg AFDW km^{-2} , Este: 0.21 ± 0.20 kg AFDW km^{-2} , Centro: 0.03 ± 0.04 kg AFDW km^{-2} , respectivamente; Figura 3.14e). Las especies *Cliona varians*, *Agelas* sp y *Tedania ignis* exhibieron valores elevados al oeste ($3.0 \leq \text{kg AFDW km}^{-2} \leq 9.2$); *Diplastrella megastellata* y *Calyx podatypa* fueron las más importantes del este ($0.2 \leq \text{kg AFDW km}^{-2} \leq 0.3$), mientras que en el centro los valores fueron inferiores a 0.08 (Figura 3.14e; Anexo capítulo III, Tabla 9.14).

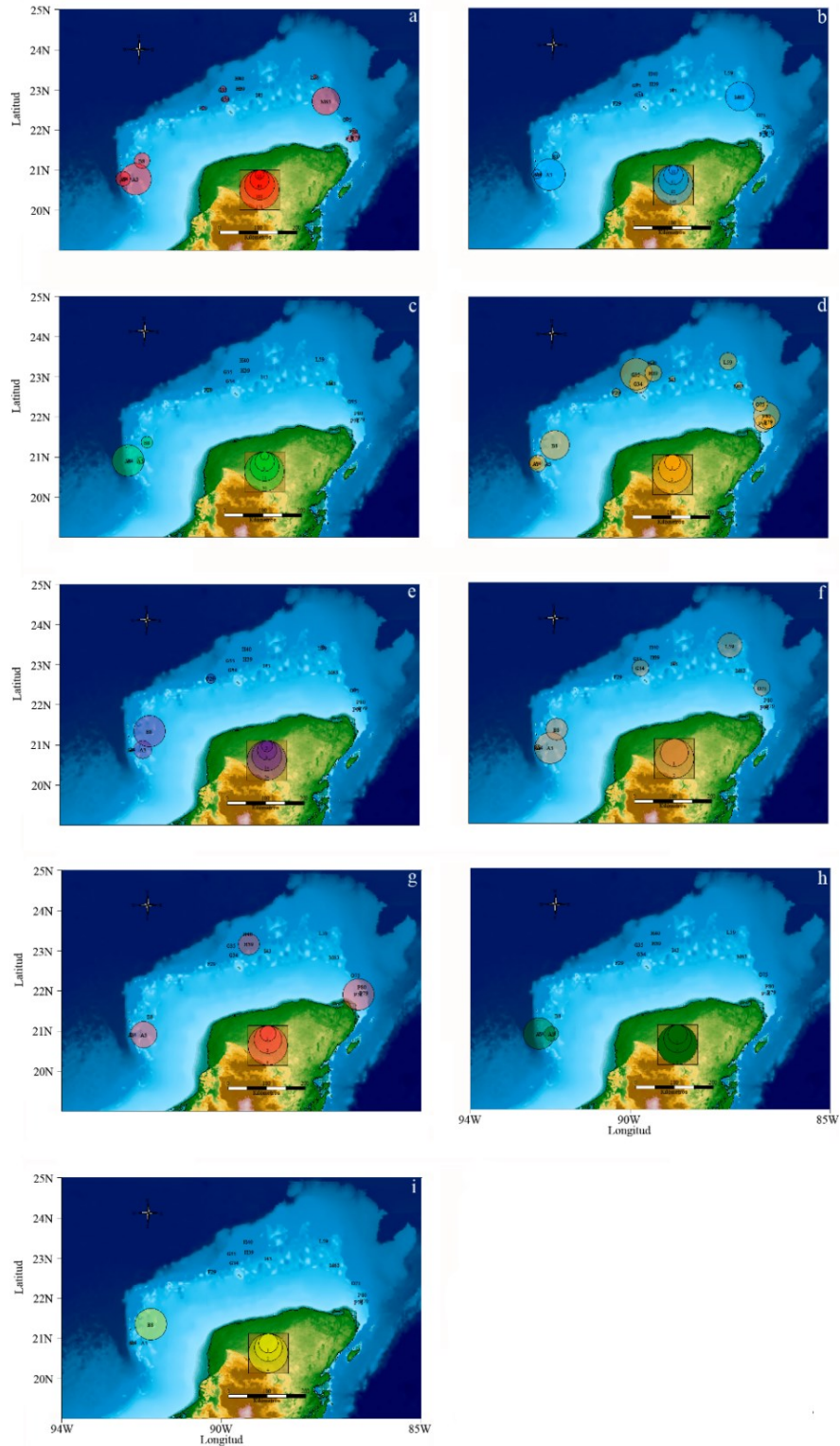


Figura 3.14. Biomasa de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) evaluada durante el crucero GOMEX IV (GIV), las unidades de los valores son kg AFDW km⁻²; a. Biomasa total, b. Biomasa de crustáceos, c. Biomasa de moluscos, d. Biomasa de equinodermos, e. Biomasa de poríferos, f. Biomasa de cnidarios, g. Biomasa de briozoos, h. Biomasa de anélidos, i. Biomasa de otros.

Los cnidarios siguieron un patrón similar al de los crustáceos, con valores más altos en los extremos que en el centro de los MEPY (Oeste: 0.66 ± 0.96 kg AFDW km^{-2} y Este: 0.32 ± 0.54 kg AFDW km^{-2} , Centro: 0.13 ± 0.27 kg AFDW km^{-2} ; Figura 3.14f). La especie *Cereus* sp exhibió el valor más elevado en el margen oeste, *Millepora alcicornis* en el este, mientras que *Phymanthus crucifer* presentó el valor más alto del margen central (Figura 3.14f; Anexo capítulo III, Tabla 9.14).

Los briozoos presentaron valores muy bajos con respecto al resto de taxa, estando restringidos al centro y este de los MEPY (Centro: 0.01 ± 0.02 kg AFDW km^{-2} , Oeste: 0.08 ± 0.17 kg AFDW km^{-2} ; Figura 3.14g). La especie *Membranipora* sp fue exclusiva del sector oeste, mientras que representantes del género *Alcyonidium* se capturaron en el sector central (Figura 3.14g). Entre tanto, los anélidos poliquetos restringidos al sector oeste presentaron un valor promedio de 0.9 ± 1.6 kg AFDW km^{-2} , siendo *Sabellastarte* sp y *Sabellaria floridensis*, las especies importantes (Figura 3.14h).

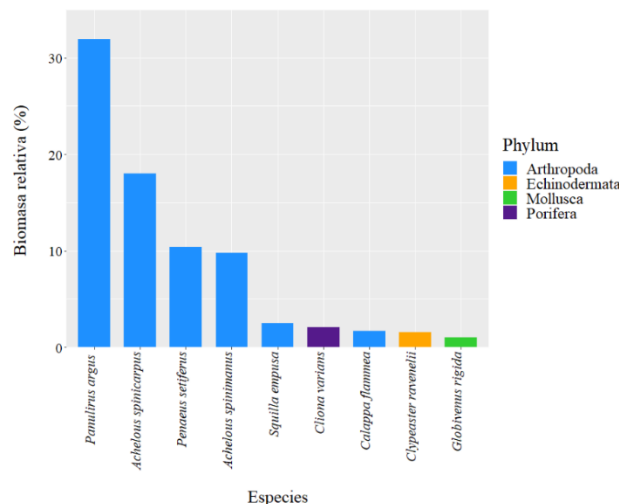


Figura 3.15. Biomasa relativa de las especies con contribuciones mayores al 1%, capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV).

Los crustáceos aportaron el 66.6% de la biomasa total, siendo las especies *P. argus* (145.7 kg AFDW km^{-2}), *A. spinicarpus* (82.2 kg AFDW km^{-2}), *P. setiferus* (47.4 kg AFDW km^{-2}), *A. spinimanus* (44.8 kg AFDW km^{-2} ~9.8%) y *S. empusa* (11.3 kg AFDW km^{-2}), las que presentaron los valores más altos. *Cliona varians* fue el porífero con el valor más elevado (9.4 3 kg AFDW km^{-2}); el molusco *G. rigida* y el equinodermo *C. ravenelii* fueron únicos representantes de sus

grupos con contribuciones mayores al 1% (Figura 3.15). El 90% de la biomasa fue aportado por 27 especies, de las cuales 23 presentaron contribuciones menores al 10% (Anexo capítulo III, Figura 9.7).

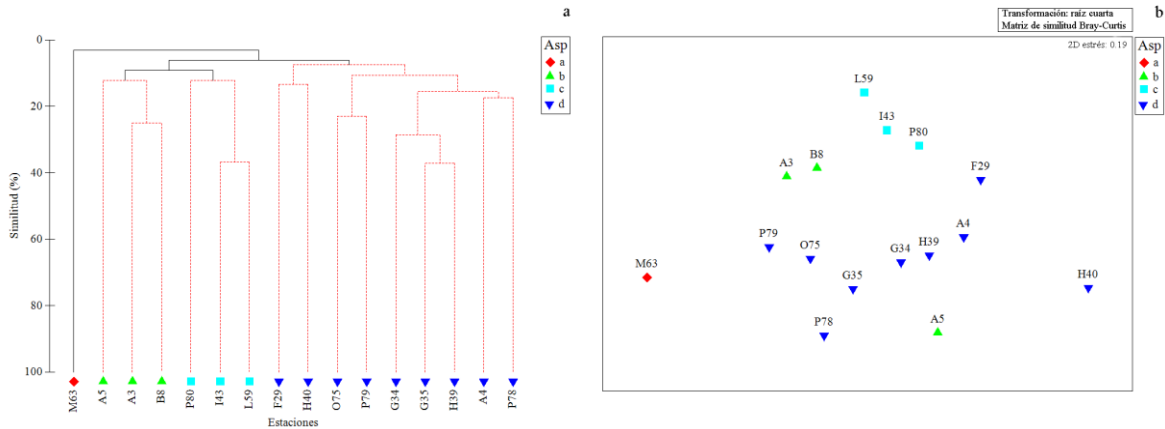


Figura 3.16. Análisis de clasificación cluster (a) y ordenación nMDS (b) calculados a partir de los valores de biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex IV (GIV); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF.

En términos estructurales fue posible identificar cuatro diferentes grupos, que no deben sus diferencias a la distribución de las estaciones por sectores (PERMANOVA: Bsp, $S=168$, $PseudoF=1.23$, $mcp=0.220$; Wrsp, $S=60$, $PseudoF=1.41$, $mcp=0.127$; Figuras 3.16a-b; Tabla 3.4). La prueba SIMPER permitió identificar a la estación M63 como el único singleton en términos de biomasa (Figura 3.16a-b).

Los valores de similitud por grupo fluctuaron entre 12.56% y 20.34%. En el grupo *b* (estaciones A3, A5 y B8), la especie *A. spinicarpus* aportó el mayor valor de similitud (24.20%); mientras que el valor más elevado de la razón similitud - desviación estándar lo presentó *Euvola raveneli* (Figura 3.16a-b, Tabla 3.5).

En el grupo *c* *A. spinicarpus* aportó cerca de 250% más a la similitud que el resto de las especies de las estaciones P80, I43 y F29 (Tabla 3.5). Las especies *C. ravenelii* y *C. echinoptera* aportaron en conjunto el 52.37% de la similitud del grupo *d*, el cual agrupó el mayor número de estaciones (Figura 3.16; Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Análisis de similitud porcentual SIMPER obtenido a partir de los valores de biomasa de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV).

Grupo b. Similitud promedio porcentual: 16.48%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Achelous spincarpus</i>	11.06	3.99	4.67	24.20	24.20
<i>Penaeus setiferus</i>	7.09	1.12	0.58	6.77	30.97
<i>Geodia neptuni</i>	4.09	1.00	0.58	6.05	37.02
<i>Agelas wiedenmayeri</i>	3.70	0.91	0.58	5.52	42.54
<i>Euvola ravenelii</i>	1.99	0.86	11.03	5.20	47.74
<i>Aplysina fistularis</i>	3.65	0.85	0.58	5.16	52.90
<i>Sicyonia brevirostris</i>	3.19	0.69	0.58	4.21	57.11
<i>Persephonaster patagiatus</i>	2.96	0.69	0.58	4.16	61.27
<i>Scopalinia ruetzleri</i>	3.57	0.68	0.58	4.14	65.41
<i>Iliacantha subglobosa</i>	2.80	0.65	0.58	3.94	69.34
<i>Clypeaster ravenelii</i>	2.83	0.61	0.58	3.73	73.07
<i>Ectyoplasia ferox</i>	2.97	0.61	0.58	3.70	76.77
<i>Squilla empusa</i>	3.03	0.60	0.58	3.64	80.41
<i>Sabellastarte sp</i>	3.66	0.51	0.58	3.09	83.50
<i>Tedania ignis</i>	2.77	0.44	0.58	2.67	86.17
<i>Periglypta listeri</i>	1.60	0.36	0.58	2.16	88.33
<i>Astropecten alligator</i>	1.59	0.35	0.58	2.14	90.47

Grupo c. Similitud promedio porcentual: 20.34%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Achelous spincarpus</i>	4.42	5.92	0.58	29.13	29.13
<i>Linckia guildingi</i>	3.04	2.37	0.58	11.65	40.78
<i>Calyx podatypa</i>	2.16	2.21	0.58	10.87	51.65
<i>Squilla empusa</i>	4.04	2.17	0.58	10.69	62.34
<i>Ralphardia gorgoniae</i>	1.93	1.96	0.58	9.62	71.97
<i>Astropecten duplicatus</i>	1.93	1.90	0.58	9.34	81.31
<i>Agelas wiedenmayeri</i>	1.71	1.90	0.58	9.34	90.66

Grupo d. Similitud promedio porcentual: 12.56%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Clypeaster ravenelii</i>	3.22	3.93	0.60	31.30	31.30
<i>Comactinia echinoptera</i>	1.89	2.65	0.55	21.07	52.37
<i>Anthenoides peircei</i>	1.43	1.00	0.30	7.99	60.37
<i>Holothuria occidentalis</i>	1.42	0.72	0.28	5.70	66.07
<i>Phymanthus crucifer</i>	1.23	0.62	0.44	4.90	70.97
<i>Pseudarchaster gracilis</i>	1.72	0.58	0.28	4.59	75.55
<i>Agolambus agonus</i>	0.94	0.45	0.29	3.62	79.17
<i>Acanthilia intermedia</i>	1.20	0.44	0.29	3.52	82.69
<i>Stenorhynchus seticornis</i>	0.88	0.36	0.29	2.84	85.54
<i>Achelous spinimanus</i>	1.23	0.25	0.17	1.95	87.49
<i>Tripneustes ventricosus</i>	0.97	0.24	0.17	1.91	89.40
<i>Tedania ignis</i>	1.00	0.22	0.17	1.72	91.12

Durante el crucero GV, la biomasa de la megafauna bentónica presentó los valores más elevados en los márgenes centrales y oeste (163.48 ± 184.7 kg AFDW km⁻² y 100.01 ± 153.22 kg AFDW km⁻²), siendo muy bajos los del margen este (72.71 ± 89.99 kg AFDW km⁻²). Los valores más elevados se presentaron en las estaciones I43 (527.36 kg AFDW km⁻²), B8 (366.32 kg AFDW km⁻²), O75 (224.5 kg AFDW km⁻²) y H40 (183.3 kg AFDW km⁻²); mientras que el más bajo se registró en la estación A4 (2.6 kg AFDW km⁻²), las demás estaciones exhibieron valores entre 94.8 kg AFDW km⁻² y 10.8 kg AFDW km⁻² (Figura 3.17a).

Los crustáceos exhibieron valores de biomasa promedio más elevados en el centro y este de los MEPY (53.43 ± 66.70 kg AFDW km⁻² y 45.58 ± 75.71 kg AFDW km⁻², respectivamente); el valor promedio del oeste fue el más bajo (30.27 ± 42.91 kg AFDW km⁻²). Las especies *P. iridescens* y *Pagurus diogenes* presentaron los valores más elevados en el centro (136 kg AFDW km⁻² y 92.2 kg AFDW km⁻²), en el este *A. intermedia* y *H. pudibundus* presentaron los valores más elevados (56.3 kg AFDW km⁻² y 53 kg AFDW km⁻²); mientras que en el oeste *Dardanus insignis*, *Stenorhynchus seticornis* y *Portunus* sp aportaron entre 32 kg AFDW km⁻² y 43.8 kg AFDW km⁻² (Figura 3.17b; Anexo capítulo III, Tabla 9.15).

La biomasa promedio de los moluscos fue alta en el centro y oeste de los MEPY; en el este se presentó el valor más bajo (Centro: 35.01 ± 35.3 kg AFDW km⁻², Oeste: 31.36 ± 57.44 kg AFDW km⁻², Este: 8.91 ± 17.45 kg AFDW km⁻²; Figura 3.17c). Las especies *Onustus longleyi* y *Busycoarctum coarctatum* presentaron los valores más altos del centro (25.5 kg AFDW km⁻² y

20.5 kg AFDW km⁻²), mientras que *O. longleyi* y *Octopus vulgaris* exhibieron los valores más elevados en el oeste (62.3 kg AFDW km⁻² y 52.15 kg AFDW km⁻²). En el este *B. fusca* fue la especie más importante en términos de biomasa (29.6 kg AFDW km⁻²).

Los equinodermos exhibieron valores bajos con respecto a los otros grupos y un patrón similar al registrado en los crustáceos (Centro: 19.47± 23.74 kg AFDW km⁻², Este: 10.45± 19.49 kg AFDW km⁻² y Oeste: 4.34 ± 6.27 kg AFDW km⁻²; Figura 3.17d). En el centro *Oreaster reticulatus* y *Paracaudina* sp exhibieron valores superiores a 24 kg AFDW km⁻², mientras que *Lophaster verrilli* presentó un valor de 44.42 kg AFDW km⁻²; el valor más alto del oeste fue aportado por *Luidia clathrata* (15.2 kg AFDW km⁻²).

Los poríferos exhibieron valores de biomasa promedio altos en el centro y oeste (51.23 ± 96.37 kg AFDW km⁻² y 33.51 ± 47.41 kg AFDW km⁻², respectivamente), mientras que el sector este se observó el valor más bajo (0.77 ± 0.55 kg AFDW km⁻²; Figura 3.17e). En el centro *Plakortis angulospiculatus*, *Iotrochota birotulata* y *Aplysina fulva* presentaron los valores más elevados de biomasa (> 39 kg AFDW km⁻²; Anexo capítulo III, Tabla 9.15), *Cliona* sp e *Ircinia strobilina* exhibieron contribuciones mayores a 38.7 kg AFDW km⁻² en el oeste; mientras que *Mycale* sp presentó el valor más alto del sector este (1.02 kg AFDW km⁻²; Anexo capítulo III, Tabla 9.15).

La biomasa promedio de los cnidarios fue mayor en el sector este, seguido por los registrados en el centro y el oeste (Este: 6.31 ± 17.36 kg AFDW km⁻², Centro: 3.86 ± 3.42 kg AFDW km⁻², Oeste: 0.48 ± 0.55 kg AFDW km⁻²; Figura 3.17f). *S. diaphana* en los tres sectores, *Nicella goreauii* en el centro, *M. ramulosa* al este y *Cirrihipathes* sp en el margen oeste, exhibieron los valores de biomasa más elevados del grupo (0.55 ≤ kg AFDW km⁻² ≤ 13.45).

Los briozoos exhibieron valores menores a 1 kg AFDW km⁻², con su valor más alto en el este y el más bajo al oeste de los MEPY (Este: 0.67 ± 1.51 kg AFDW km⁻², Centro: 0.46 ± 1.03 kg AFDW km⁻² y Oeste: 0.007 ± 0.017 kg AFDW km⁻²; Figura 3.17g). El género *Alcyonidium* exhibió valores elevados a largo de los MEPY (1.13 ≤ kg AFDW km⁻² ≤ 2.58; Figura 3.17g; Anexo capítulo III, Tabla 9.15). Entre tanto, *Brachiomma* sp fue el único anélido poliqueto capturado en el sector oeste (0.05 kg AFDW km⁻²; Figura 3.17h).

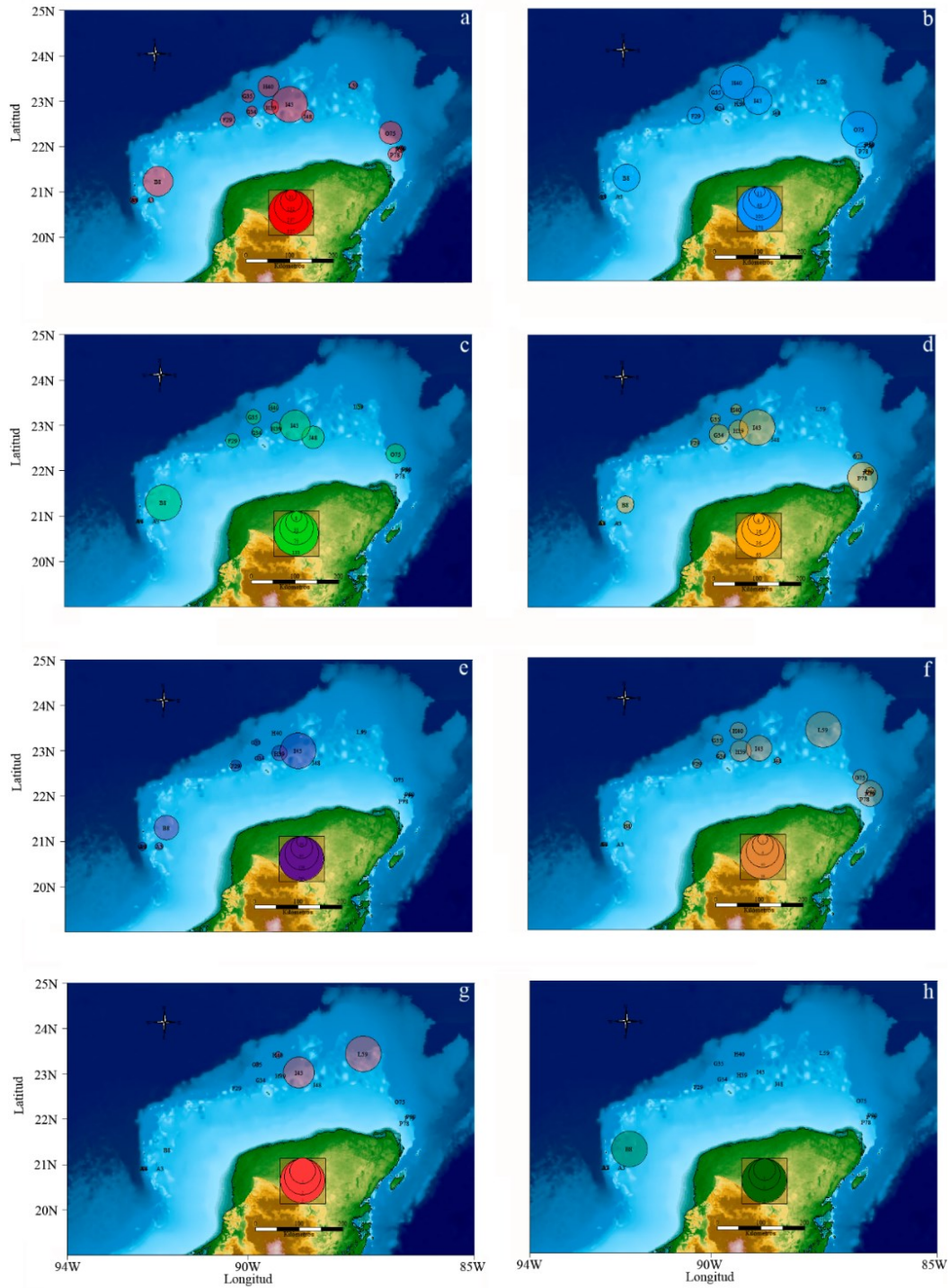


Figura 3.17. Biomasa de la megafauna bentónica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) evaluada durante el crucero Gomex V (GV), los valores están en unidades de kg AFDW km^{-2} ; a. Biomasa total, b. Biomasa de crustáceos, c. Biomasa de moluscos, d. Biomasa de equinodermos, e. Biomasa de poríferos, f. Biomasa de cnidarios, g. Biomasa de briozoos, h. Biomasa de anélidos.

Un conjunto de 25 especies exhibió valores de biomasa relativa superiores al 1%, donde el 40% fueron crustáceos. Las especies *P. iridescens* y *P. diogenes* exhibieron los valores más altos (137 kg AFDW km⁻² y 92.25 kg AFDW km⁻²), *O. longleyi* fue el molusco con mayor contribución a la biomasa total (87.88 kg AFDW km⁻²), mientras que *P. angulospiculatus* fue el porífero más importante (83.30 kg AFDW km⁻²) y *L. verrilli* el equinodermo mejor representado (44.42 kg AFDW km⁻²). Tan solo 61 especies aportaron 90% de la biomasa, siendo los crustáceos y poríferos los grupos con mayor número de especies responsables dicha contribución (Figura 3.18; Anexo capítulo III, Tabla 9.15, Figura 9.8).

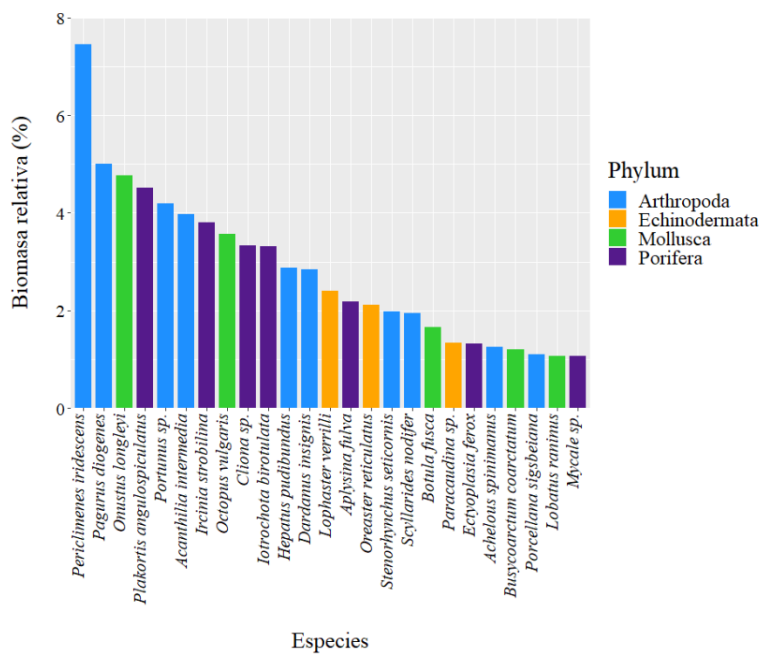


Figura 3.18. Biomasa relativa de las especies con contribuciones superiores al 1%, capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV).

En términos estructurales fue posible identificar cinco grupos de especies con menos del 40% de similitud (Figura 3.19), en los cuales fue evidente el escaso efecto de la distribución por sectores sobre el MEPY, esto confirmado por la prueba PERMANOVA de una vía (Asp, S=319, PseudoF=1.34, mcp=0.139; Wrsp, S=142, PseudoF=1.47, mcp=0.091; Figuras 3.19a-b); siendo confirmado por dicha prueba, los grupos discriminados por la prueba SIMPROF (Asp, S=319, PseudoF=1.67, mcp=0.009; Wrsp, S=142, PseudoF=2.02, mcp=0.001; Figuras 3.19a-b).

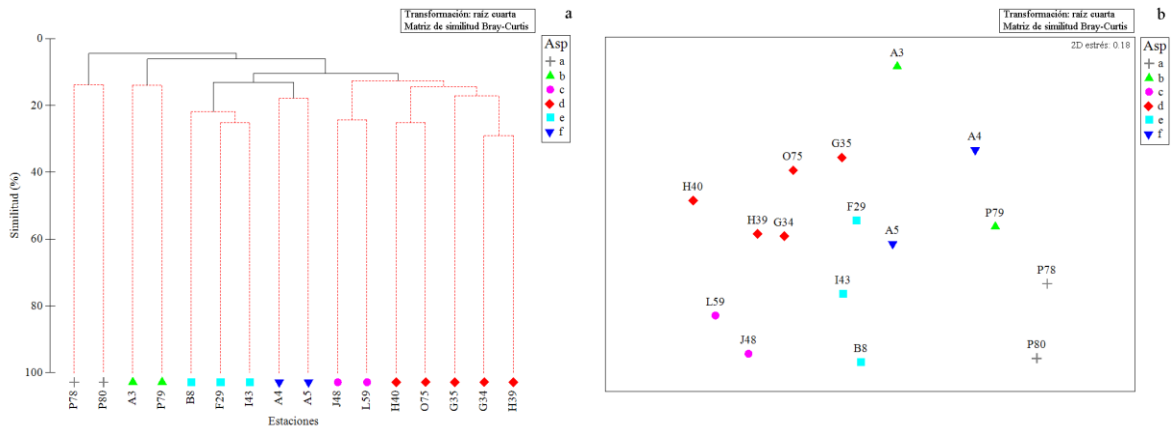


Figura 3.19. Análisis de clasificación cluster (a) y ordenación nMDS (b), realizados a partir de los valores de biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex V (GV); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF.

La prueba SIMPER aportó valores de similitud entre 13.72% y 24.24% (Tabla 3.6). La similitud del grupo *a* fue resultado de la presencia de *Scyllarides nodifer* y *Portunus gibbesii*, (estaciones P78 y P80; Figura 3.19, Tabla 3.6). El grupo *b* estuvo compuesto por las estaciones A3 y P79, donde las especies autógenas fueron las más importantes (Tabla 3.5). La especie *P. iridescens* exhibió la mayor contribución a la similitud del grupo *c* conformado por las estaciones J48 y L59 (16.50%; Figura 3.19, Tabla 3.6).

En el grupo *d* conformado por la mayoría de las estaciones del margen central, *Aequipecten exasperatus* y *Stenocionops furcatus* aportaron los valores más altos de similitud (Figura 3.20a-b, Tabla 3.6). Por otro lado, las estaciones B8, F29 e I43 exhibieron el valor más elevado de similitud (22.93%; Tabla 3.6, Figura 3.19) y aportes superiores al 7% por parte de *G. rigida* y *O. birotulata*. Las estaciones A4 y A5 conformaron el grupo *f* con un valor de similitud de 17.82% y (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Análisis de similitud porcentual SIMPER calculado a partir de los valores de biomasa de las especies capturadas durante el crucero Gomex V (GV).

Grupo a. Similitud porcentual promedio: 13.72%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Scyllarides nodifer</i>	8.88	7.12	SD=0!	51.91	51.91
<i>Portunus gibbesii</i>	4.29	6.6	SD=0!	48.09	100

Grupo b. Similitud porcentual promedio: 13.94%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Hymeniacidon heliophila</i>	6.50	6.09	SD=0!	43.67	43.67
<i>Halichondria (Halichondria) bowerbanki</i>	5.04	4.85	SD=0!	34.81	78.48
<i>Stenocionops furcatus</i>	1.99	3.00	SD=0!	21.52	100

Grupo c. Similitud porcentual promedio: 24.24%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Periclimenes iridescens</i>	7.25	4.00	SD=0!	16.50	16.50
<i>Lobatus raninus</i>	7.21	3.57	SD=0!	14.74	31.23
<i>Pterogorgia citrina</i>	5.58	3.11	SD=0!	12.84	44.07
<i>Busycoarctum coarctatum</i>	6.22	2.90	SD=0!	11.97	56.04
<i>Dardanus fucosus</i>	5.24	2.67	SD=0!	11.01	67.06
<i>Chama macerophylla</i>	3.02	1.87	SD=0!	7.71	74.77
<i>Arcinella cornuta</i>	4.87	1.61	SD=0!	6.66	81.43
<i>Megapitaria maculata</i>	2.67	1.42	SD=0!	5.86	87.29
<i>Aequipecten exasperatus</i>	2.73	1.36	SD=0!	5.59	92.88

Grupo d. Similitud porcentual promedio: 17.48%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Aequipecten exasperatus</i>	4.72	1.52	2.66	8.70	8.70
<i>Stenocionops furcatus</i>	4.26	1.17	1.12	6.67	15.37
<i>Portunus sp</i>	5.92	0.96	0.61	5.47	20.84
<i>Acanthilla intermedia</i>	6.43	0.88	0.55	5.02	25.86
<i>Phacelocyathus flos</i>	3.63	0.72	0.62	4.15	30.01
<i>Anthenoides peircei</i>	4.13	0.71	0.56	4.07	34.08
<i>Strombus alatus</i>	3.75	0.70	0.61	3.99	38.08
<i>Dardanus fucosus</i>	3.90	0.70	0.61	3.99	42.06
<i>Dardanus insignis</i>	4.17	0.68	0.62	3.87	45.93
<i>Cinctura liliatum</i>	3.09	0.62	0.61	3.52	49.45
<i>Polycera chilluna</i>	3.25	0.61	0.62	3.48	52.94
<i>Busycoarctum coarctatum</i>	3.23	0.58	0.61	3.32	56.25
<i>Anadara saccostata</i>	2.72	0.47	0.60	2.71	58.97
<i>Pagurus politus</i>	2.40	0.43	0.62	2.44	61.40
<i>Vokesimurex cabritii</i>	2.37	0.40	0.61	2.29	63.69
<i>Platylambrus granulatus</i>	3.30	0.34	0.32	1.93	65.62
<i>Cirripathes sp</i>	2.04	0.30	0.61	1.70	67.32
<i>Comactinia echinoptera</i>	2.63	0.25	0.32	1.43	68.75
<i>Botula fusca</i>	3.78	0.25	0.32	1.41	70.15
<i>Petrolisthes politus</i>	2.28	0.22	0.32	1.24	71.40
<i>Crucibulum auricula</i>	1.17	0.20	0.62	1.16	72.56
<i>Distorsio clathrata</i>	2.01	0.20	0.32	1.14	73.70
<i>Architectonica nobilis</i>	2.02	0.19	0.32	1.07	74.78
<i>Euvola raveneli</i>	1.90	0.18	0.32	1.03	75.81
<i>Periglypta listeri</i>	1.87	0.17	0.32	0.99	76.79
<i>Semicassis granulata</i>	1.98	0.17	0.32	0.95	77.75
<i>Ranularia testudinaria</i>	1.80	0.17	0.32	0.94	78.69
<i>Hepatus pudibundus</i>	3.73	0.16	0.32	0.92	79.61
<i>Hippoxis antiquatus</i>	1.18	0.16	0.50	0.92	80.53
<i>Vokesimurex rubidus</i>	2.04	0.15	0.32	0.87	81.40
<i>Astropecten alligator</i>	1.76	0.15	0.32	0.84	82.24
<i>Chicoreus florifer</i>	2.07	0.15	0.32	0.84	83.08
<i>Moreiradromia antillensis</i>	1.71	0.14	0.32	0.83	83.91
<i>Heliprina timesa</i>	2.05	0.14	0.32	0.82	84.73
<i>Macrorhynchia ramulosa</i>	2.02	0.14	0.32	0.82	85.55
<i>Agolambrus agonus</i>	1.77	0.14	0.32	0.81	86.36
<i>Ostrea stentina</i>	1.63	0.13	0.32	0.77	87.13
<i>Anisapagurus pygmaeus</i>	1.36	0.13	0.32	0.74	87.87
<i>Atiochroia crassa</i>	1.70	0.13	0.32	0.73	88.60
<i>Conasprella delessertii</i>	2.20	0.12	0.32	0.71	89.31
<i>Ptilocaulis sp</i>	1.28	0.11	0.32	0.65	89.95
<i>Ericerodes gracilipes</i>	1.30	0.11	0.32	0.65	90.60

Grupo e. Similitud porcentual promedio: 22.93%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Globivenus rigida</i>	7.18	1.76	5.68	7.69	7.69
<i>Istrochota birotulata</i>	9.45	1.64	3.50	7.15	14.84
<i>Cliona varians</i>	6.78	1.59	4.62	6.94	21.77
<i>Dardanus insignis</i>	7.56	1.10	0.58	4.78	26.56
<i>Ircinia strobilina</i>	8.63	1.02	0.58	4.44	30.99
<i>Tamaria halperni</i>	4.86	0.98	4.64	4.28	35.27
<i>Craniella sp</i>	5.64	0.97	5.67	4.24	39.52
<i>Plakortis angulospiculatus</i>	7.71	0.88	0.58	3.86	43.38
<i>Octopus vulgaris</i>	8.63	0.87	0.58	3.81	47.18
<i>Mycale sp</i>	5.57	0.65	0.58	2.82	50.00
<i>Agelas wiedenmayeri</i>	5.18	0.62	0.58	2.71	52.71
<i>Mycale (Aegogropila) americana</i>	3.19	0.57	0.58	2.49	55.20
<i>Turritella radula</i>	5.17	0.54	0.58	2.36	57.56
<i>Ectyoplasia ferox</i>	6.28	0.54	0.58	2.35	59.91
<i>Porcellana sigsbeiana</i>	6.02	0.53	0.58	2.32	62.23
<i>Halichondria (Halichondria) bowerbanki</i>	4.26	0.51	0.58	2.24	64.47
<i>Cliona sp</i>	6.57	0.51	0.58	2.21	66.68
<i>Stenocionops furcatus</i>	3.91	0.49	0.58	2.14	68.82
<i>Busycoarctum coarctatum</i>	5.49	0.49	0.58	2.12	70.94
<i>Cinachyra sp</i>	3.23	0.47	0.58	2.05	72.99
<i>Neopetrosia carbonaria</i>	4.62	0.47	0.58	2.03	75.02
<i>Cirripathes sp</i>	3.64	0.46	0.58	2.00	77.03
<i>Aplysina fulva</i>	6.56	0.46	0.58	1.99	79.01
<i>Aequipecten exasperatus</i>	2.30	0.44	4.23	1.91	80.92
<i>Lobatus raninus</i>	5.03	0.40	0.58	1.75	82.67
<i>Sertularia diaphana</i>	4.49	0.38	0.58	1.67	84.34
<i>Pinctada imbricata</i>	1.85	0.34	0.58	1.49	85.83
<i>Penaeus sp</i>	3.00	0.31	0.58	1.34	87.17
<i>Portunus sp</i>	5.62	0.31	0.58	1.34	88.51
<i>Ericerodes gracilipes</i>	1.94	0.30	0.58	1.32	89.83
<i>Pennaria disticha</i>	3.41	0.29	0.58	1.29	91.11

Grupo f. Similitud porcentual promedio: 17.82%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Iliacantha subglobosa</i>	5.59	5.37	SD=0!	30.13	30.13
<i>Stenocionops furcatus</i>	4.46	4.41	SD=0!	24.74	54.86
<i>Eivola papyracea</i>	3.65	4.34	SD=0!	24.35	79.21
<i>Comactinia echinoptera</i>	3.44	3.70	SD=0!	20.79	100

3.3.7 Relación de la biomasa de la megafauna bentónica con las variables ambientales en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán

En términos de biomasa, en el crucero GIV la estructura comunitaria fue influenciada en conjunto por la longitud, latitud, temperatura y salinidad, de acuerdo con la evidencia aportada por la prueba BIOENV ($0.668 \leq \rho \leq 0.709$).

Durante el crucero GV la prueba de BIOENV permitió establecer al conjunto de variables conformado por la latitud, clorofila (Chla), tamaño medio de grano (Mz), $n\text{-C}_{23}$ y $n\text{-C}_{16}$, como las variables con mayor influencia sobre la estructura comunitaria en términos de biomasa ($\rho=0.891$). Por su parte, el análisis LINKTREE permitió establecer que la latitud fue el gradiente ambiental más importante, separando las estaciones del centro de los MEPY de las ubicadas en los extremos, agrupadas por presentar latitudes inferiores a 21.9°N (Figura 3.20; A: $R=0.53$; $B\%=85$; Figura 3.20).

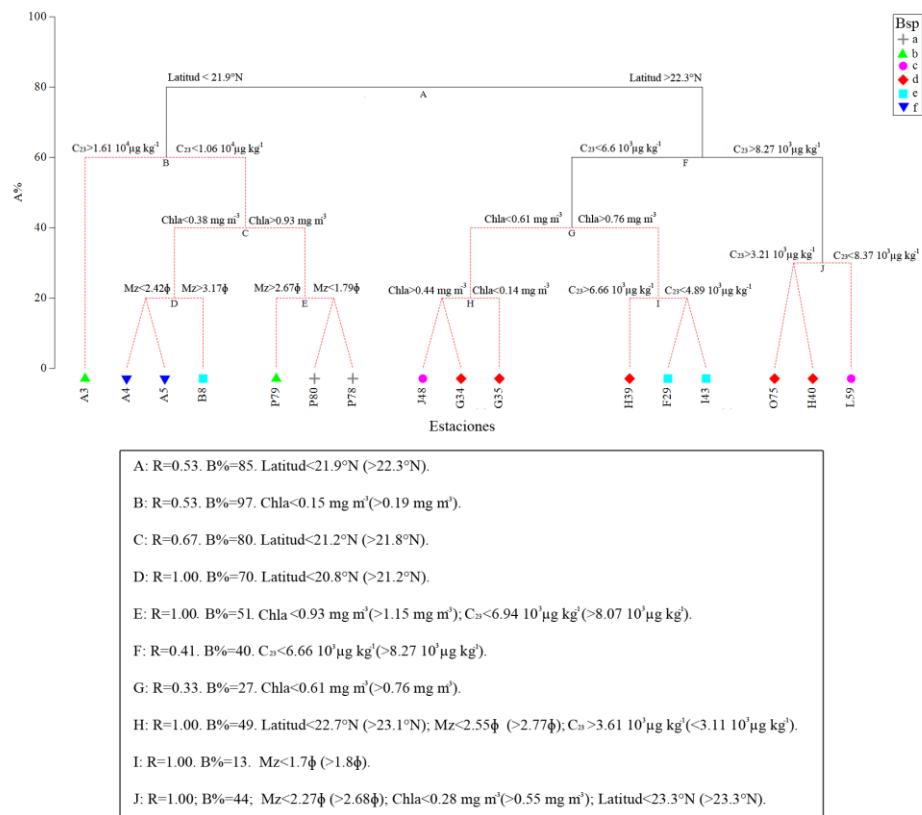


Figura 3.20. Prueba LINKTREE realizada a partir de la biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex V (GV).

Los gradientes ambientales de los extremos de los MEPY fueron definidos por tres variables ambientales, sin llegar a presentar diferencias estructurales (B: R=0.53; B%=97; Figura 3.20). En los extremos de los MEPY concentraciones de Chla superiores a 0.93 mg m^{-3} y latitudes inferiores a 21.2°N , separaron las estaciones del borde este de las ubicadas en el borde oeste (C: R=0.67; B%=80). La presencia de arenas muy finas discriminó las estaciones del extremo oeste, la presencia de arenas medias y finas influenciaron las estaciones ubicadas en el transecto P (D: R=1.00; B%=70; E: R=1.00; B%=51; Figura 3.20).

Las estaciones del centro y borde este exhibieron mayor concentración de $n\text{-C}_{23}$ que el conjunto de centro y borde oeste ($n\text{-C}_{23} > 8.27 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$; F: R=0.41; B%=41; Figura 3.20), las cuales exhibieron diferencias en términos de concentración de Chla y $n\text{-C}_{23}$ (G: R=0.33; B%=27; H: R=1.00; B%=49; I: R=1.00; B%=13; Figura 3.20); mientras que en las estaciones más alejadas de la línea de costa, fluctuaciones en $n\text{-C}_{16}$, $n\text{-C}_{23}$, Chla, Mz y su posición, influenciaron la estructura de la biomasa de la comunidad ($n\text{-C}_{16} < 60.1 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$, $n\text{-C}_{23} < 8.37 \cdot 10^3 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$, $\text{Chla} < 0.28 \text{ mg m}^{-3}$, $\text{Mz} < 2.27 \phi$; J: R=1.00; B%=44; Figura 3.20).

3.3.8 Diferencias estructurales temporales en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY).

Durante los dos cruceros oceanográficos realizados en los MEPY hubo presencia de 89 especies compartidas. Los moluscos presentaron el mayor número de especies (33 especies); mientras que los cnidarios y briozoos exhibieron los valores más bajos (Tabla 3.7). La frecuencia de aparición o rango de distribución geográfico fue muy diferente entre evaluaciones (Tabla 3.7).

En términos de abundancia, las especies compartidas exhibieron contribuciones mayores al 1% de la abundancia total (e.g. *A. spinicarpus*, *P. setiferus*, *G. rigida*). En este conjunto 25 especies capturadas en el crucero GIV y 48 especies en el crucero GV, aportaron al 90% de la abundancia en dichas evaluaciones (Anexo capítulo III, Figuras 9.4, 9.5). Las especies *A. spinicarpus*, *A. spinimanus*, *C. varians*, *C. ravenelii*, *G. rigida* y *P. setiferus*, presentaron contribuciones de biomasa relativa mayores al 1% durante las dos evaluaciones; siendo 14 especies del GIV y 12 del GV responsables de aportar el 90% de la biomasa de las dos evaluaciones (Anexo capítulo III, Figuras 9.7, 9.8).

Tabla 3.7. Especies comunes de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán MEPY. Se presenta el phylum, la especie, la cantidad estaciones de captura (FGIV y FGV), abundancia total (10³ind km⁻²; AGIV y AGV) y los valores de biomasa total (kg AFDW km⁻²; BGIV y BGV).

Phylum	Especie	FGIV	FGV	AGIV	AGV	BGIV	BGV	Phylum	Especie	FGIV	FGV	AGIV	AGV	BGIV	BGV
Arthropoda	<i>Acanthitia intermedia</i>	4	5	1.21	76.25	1.07	73.45	Mollusca	<i>Arca zebra</i>	2	2	0.41	5.42	0.21	7.93
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	6	2	53.94	19.28	82.26	6.63	Mollusca	<i>Architectonica nobilis</i>	1	2	0.26	1.22	0.10	1.33
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	4	1	4.88	1.64	44.80	22.98	Mollusca	<i>Arcinella cornuta</i>	1	2	0.26	1.09	0.12	2.74
Arthropoda	<i>Agolambrus agonus</i>	3	4	0.68	5.29	0.20	1.31	Mollusca	<i>Argopecten gibbus</i>	2	2	0.32	2.23	0.04	10.86
Arthropoda	<i>Anasimus latus</i>	2	4	0.99	6.73	0.22	1.93	Mollusca	<i>Barbatia candida</i>	1	4	8.42	3.14	2.90	1.75
Arthropoda	<i>Batrachonotus fragosus</i>	1	2	0.26	2.78	0.02	0.60	Mollusca	<i>Cinctura lilium</i>	1	3	0.26	3.33	0.34	2.41
Arthropoda	<i>Calappa sulcata</i>	1	1	0.08	0.31	1.08	1.16	Mollusca	<i>Crucibulum planum</i>	1	1	0.17	0.31	0.01	0.02
Arthropoda	<i>Dardanus insignis</i>	1	6	0.26	11.67	0.10	52.56	Mollusca	<i>Cyrenoida floridana</i>	1	1	0.26	0.34	0.19	0.02
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	1	3	0.13	23.13	0.08	53.18	Mollusca	<i>Distorsio clathrata</i>	1	2	1.58	3.03	0.32	1.36
Arthropoda	<i>Iliacantha subglobosa</i>	3	7	1.61	12.16	0.68	3.26	Mollusca	<i>Euvola raveneli</i>	3	4	0.50	11.01	0.05	2.60
Arthropoda	<i>Macrocoeloma camptocerum</i>	1	2	0.08	1.00	0.05	0.30	Mollusca	<i>Fulvia laevigata</i>	3	4	0.52	10.12	0.24	2.24
Arthropoda	<i>Moreiradromia antillensis</i>	1	3	0.08	2.71	0.07	0.88	Mollusca	<i>Globivenus rigida</i>	1	6	16.31	79.66	4.65	10.05
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	4	2	14.79	6.85	47.42	13.24	Mollusca	<i>Heilprinia dowiana</i>	1	2	1.84	0.54	0.45	1.45
Arthropoda	<i>Platylambrus granulatus</i>	1	3	0.08	8.27	0.08	9.56	Mollusca	<i>Isoognomon radiatus</i>	2	2	0.86	1.04	0.36	0.08
Arthropoda	<i>Porcellana sayana</i>	1	1	0.08	0.48	0.04	0.34	Mollusca	<i>Lirophora obliterata</i>	1	3	0.79	2.77	0.19	0.62
Arthropoda	<i>Scyllarides nodifer</i>	1	2	0.06	0.72	3.24	36.05	Mollusca	<i>Octopus vulgaris</i>	1	3	0.08	3.52	2.50	65.70
Arthropoda	<i>Sicyonia brevirostris</i>	3	3	0.85	3.79	1.18	1.09	Mollusca	<i>Periglypta listeri</i>	2	3	0.34	12.11	0.07	2.03
Arthropoda	<i>Sicyonia typica</i>	1	1	0.20	0.69	0.55	0.01	Mollusca	<i>Plicatula gibbosa</i>	1	1	0.08	0.81	0.03	0.04
Arthropoda	<i>Stenorhynchus seticornis</i>	4	2	0.60	6.00	0.41	36.38	Mollusca	<i>Psammotella cruenta</i>	1	3	0.26	1.49	0.00	0.51
Bryozoa	<i>Alcyonidium hauffi</i>	2	1	0.22	0.69	0.03	2.58	Mollusca	<i>Pseudochama cristella</i>	1	1	2.11	0.34	0.39	0.13
Bryozoa	<i>Alcyonidium sp</i>	1	4	0.10	2.51	0.03	1.32	Mollusca	<i>Semicassis granulata</i>	1	2	2.37	1.54	1.11	1.53
Bryozoa	<i>Membranipora sp</i>	1	1	0.20	0.31	0.04	0.02	Mollusca	<i>Spondylus tenuis</i>	1	4	0.18	2.56	0.41	9.41
Cnidaria	<i>Caryophyllia sp</i>	2	1	0.34	0.63	0.08	0.77	Mollusca	<i>Tivela mactroides</i>	1	1	0.08	0.82	0.01	0.91
Cnidaria	<i>Macrorhynchia ramulosa</i>	1	4	0.15	2.67	0.34	15.68	Mollusca	<i>Tonna galea</i>	1	1	0.26	0.24	0.02	0.08
Cnidaria	<i>Millepora alcicornis</i>	1	1	0.31	0.81	0.81	1.87	Mollusca	<i>Turritella radula</i>	1	2	21.58	3.23	2.09	8.06
Cnidaria	<i>Millepora squarrosa</i>	1	2	0.08	2.15	0.90	0.67	Mollusca	<i>Vermicularia knorrii</i>	2	2	0.30	1.00	0.07	6.63
Cnidaria	<i>Pseudoplexaura sp</i>	1	3	0.33	2.02	0.38	0.81	Mollusca	<i>Vokesimurex cabritii</i>	1	3	0.53	4.06	0.18	0.92
Cnidaria	<i>Pterogorgia sp</i>	1	1	0.22	0.48	0.18	0.01	Mollusca	<i>Vokesimurex recurvirostris</i>	1	1	0.53	0.78	0.16	0.30
Echinodermata	<i>Anthenoides peircei</i>	4	3	0.42	4.05	1.27	8.94	Mollusca	<i>Vokesimurex rubidus</i>	2	3	1.32	4.45	0.32	1.62
Echinodermata	<i>Astrocnida isidis</i>	1	2	0.39	1.12	0.08	0.88	Porifera	<i>Agelas clathrodes</i>	1	1	0.08	0.40	0.60	5.02
Echinodermata	<i>Astropecten alligator</i>	3	2	0.58	1.28	0.46	0.82	Porifera	<i>Agelas sp</i>	2	1	0.16	4.81	3.29	8.92
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	2	1	0.66	2.19	0.19	0.11	Porifera	<i>Agelas wiedenmayeri</i>	4	2	0.29	1.27	2.00	7.69
Echinodermata	<i>Clypeaster ravenelii</i>	7	2	1.75	2.76	7.15	13.60	Porifera	<i>Aplysina fistularis</i>	2	1	0.39	1.74	1.83	0.58
Echinodermata	<i>Comactinia echinoptera</i>	6	4	3.46	23.68	0.95	4.08	Porifera	<i>Aplysina fulva</i>	3	2	0.25	1.17	0.38	40.26
Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	1	2	0.08	2.65	0.44	16.50	Porifera	<i>Cliona sp</i>	1	3	0.08	9.45	0.09	61.33
Echinodermata	<i>Nymphaster arenatus</i>	1	1	0.30	1.18	0.03	2.89	Porifera	<i>Cliona varians</i>	4	3	0.32	10.24	9.44	8.27
Echinodermata	<i>Ophiacantha echinulata</i>	1	6	0.15	5.22	0.00	0.15	Porifera	<i>Diplastrella megastellata</i>	4	1	0.25	0.96	0.58	10.49
Echinodermata	<i>Ophiomyxa tumida</i>	1	2	0.08	0.70	0.00	0.02	Porifera	<i>Ectyoplasia ferox</i>	3	4	0.51	3.07	0.96	24.41
Echinodermata	<i>Stylocidaris affinis</i>	1	2	0.13	1.31	0.03	0.10	Porifera	<i>Geodia neptuni</i>	2	2	0.63	0.98	2.82	2.66
Echinodermata	<i>Tamaria halperni</i>	2	5	0.80	6.96	0.72	5.03	Porifera	<i>Iatrochoa birotulata</i>	1	3	0.13	6.52	0.16	61.24
Mollusca	<i>Aequipecten exasperatus</i>	2	11	1.28	32.75	0.20	4.57	Porifera	<i>Monanchora arbuscula</i>	1	1	0.06	2.75	0.05	11.39
Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	1	3	1.58	3.66	0.78	0.46	Porifera	<i>Neopetrosia carbonaria</i>	4	3	0.27	2.74	1.48	6.17
Mollusca	<i>Anadara notabilis</i>	1	1	0.06	0.31	0.00	0.15	Porifera	<i>Niphates erecta</i>	1	1	0.08	0.69	0.06	4.28
Mollusca	<i>Anadara saccostata</i>	1	4	0.53	3.18	0.12	4.05	Porifera	<i>Plakortis angulospiculatus</i>	2	4	0.11	3.96	0.15	83.31
Mollusca	<i>Anodontia alba</i>	1	3	2.63	1.90	0.48	0.21								

La prueba SIMPROF permitió observar diferencias estructurales entre las dos evaluaciones en términos de abundancia y de biomasa, las cuales fueron confirmadas a través del PERMANOVA de una vía (Asp, S=399, PseudoF=3, mcp=0.0001; Bsp, S=399, PseudoF=2.8, mcp=0.0004; Figuras 3.21), haciendo evidente la presencia de diferencias temporales en la estructura comunitaria de la megafauna bentónica distribuida en los márgenes externos de la MEPY.

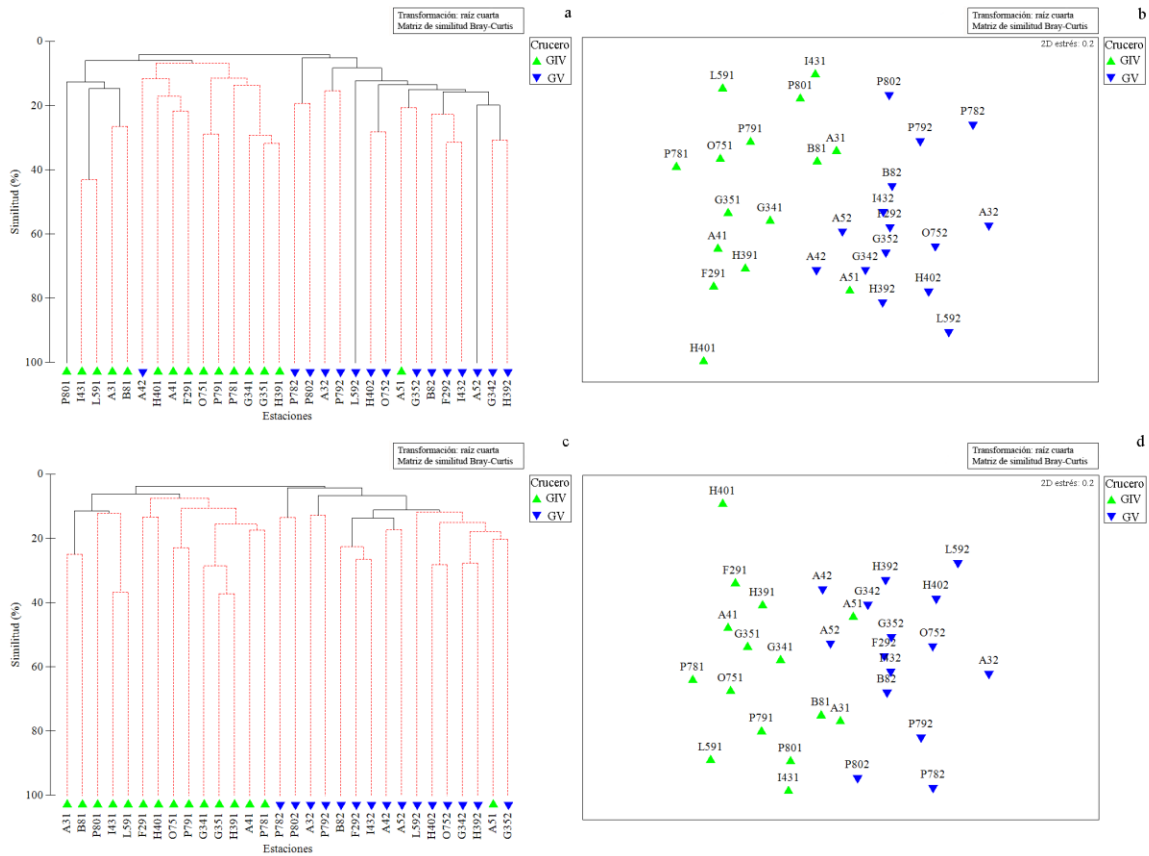


Figura 3.21. Análisis de clasificación cluster y de ordenación nMDS, realizados a partir de los valores de abundancia (a, b) y biomasa (c, d) de la megafauna bentónica evaluada durante los cruceros Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV).

La prueba no paramétrica de Mann-Whitney hizo evidente las diferencias en rango de distribución (RDG), abundancia (N) y biomasa (AFDW) de las especies permanentes (RD: $Z=11.56$, $p<0.0001$; N: $Z=-7.90$, $p<0.0001$; AFDW: $Z=11.56$, $p<0.0001$).

3.3.9 Abundancia y estructura comunitaria del Cinturón Plegado Perdido (CPP)

En el CPP durante el crucero PII realizado en septiembre de 2016, fueron capturadas e identificadas 74 especies que aportaron una abundancia total de $185 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; 12 de ellas con valores de superiores al 1% de la abundancia relativa y responsables del 91.7% de la abundancia total ($170 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$).

La abundancia total de organismos presentó un patrón de disminución irregular conforme aumentó la distancia de la línea de costa (Figura 3.22a), con patrones de zonación evidentes en los transectos B y D, mientras que las líneas C y F presentaron el valor de abundancia más elevado en la estación intermedia o profunda (Figura 3.22a). En términos generales las estaciones costeras (código uno en todos los transectos), presentaron el valor de abundancia promedio más elevado $23.3 \pm 16.3 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ con valores máximos y mínimos en las estaciones D1 y F1 ($6.7 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 38.6 \cdot 10^3$).

Las estaciones ubicadas a $91.9 \pm 16.7 \text{ m}$ de profundidad presentaron un valor promedio de $21 \pm 17.1 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, donde las estaciones B2 y C2 exhibieron los valores extremos ($4.6 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 39.6 \cdot 10^3$). La zona profunda exhibió un valor promedio de $4.3 \pm 3.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, siendo la estación D3 el área que presentó el valor más alto y la C3 el más bajo ($7.9 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $1.6 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.22a).

En el CPP los crustáceos exhibieron en las estaciones costeras/someras un valor promedio de $17.5 \pm 16.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, la estación D1 presentó el valor más alto ($32 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), debido a la presencia de las especies *C. sapidus*, *C. similis* y *P. aztecus* ($27.9 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, $3.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $1.6 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, respectivamente); mientras que en la estación F1 el 71.7% de la abundancia fue aportada por *C. sapidus* y *A. spinimanus* (Anexo capítulo III, Tabla 9.16). En la zona intermedia el valor promedio del grupo fue $4.0 \pm 4.0 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, aportado en mayor medida por *Raninoides laevis*, *A. spinicarpus* y *P. aztecus* ($2.4 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 4.3 \cdot 10^3$; respectivamente), quienes exhibieron en la estación F2 sus valores más elevados y en la C2 los más bajos (Anexo capítulo III, Tabla 9.16). En la zona profunda el valor promedio fue $2.7 \pm 2.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, siendo la estación D3 el área con la mayor abundancia debido a la presencia de *C. ornatus* ($3.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Anexo capítulo III, Tabla 9.16).

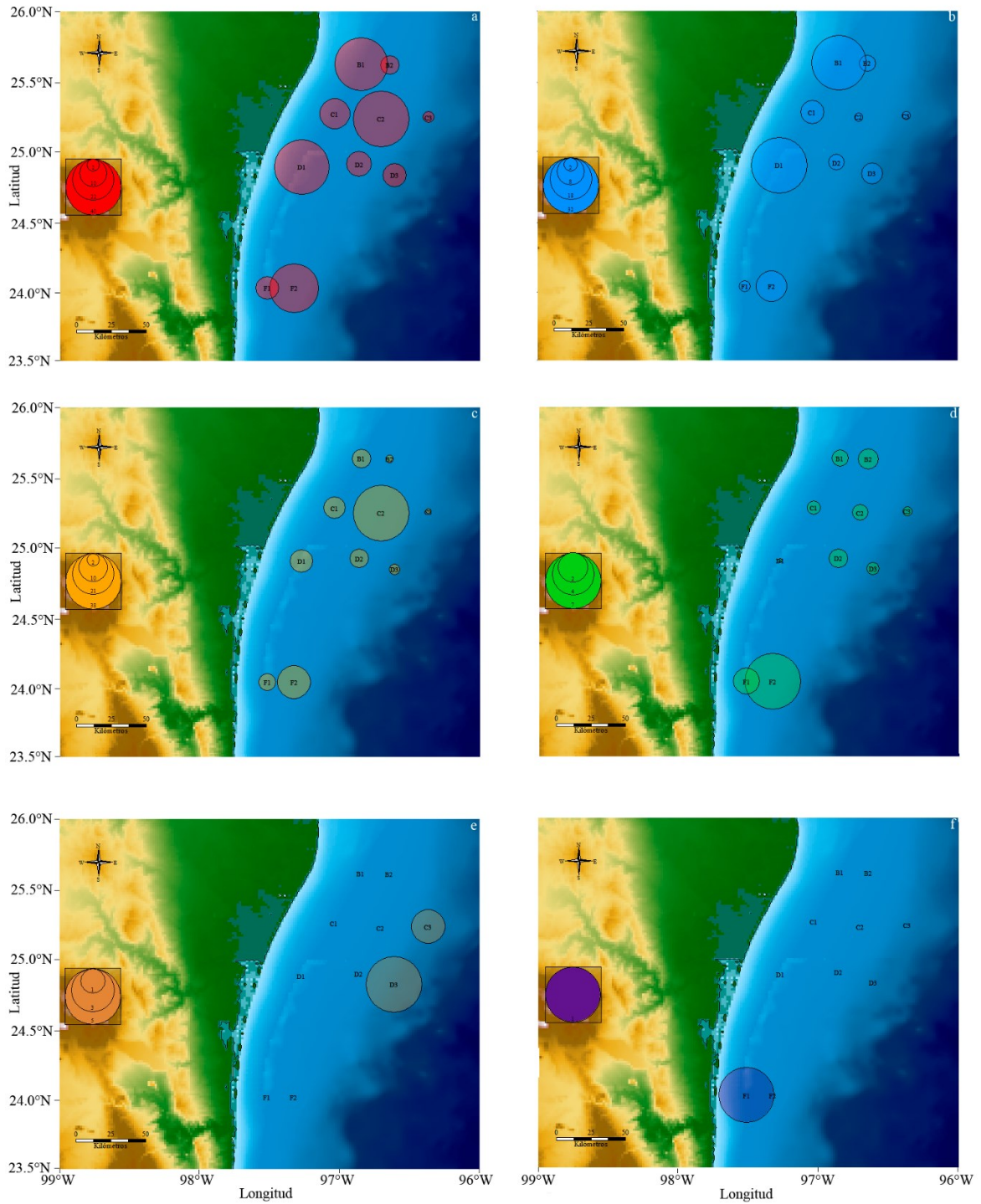


Figura 3.22. Abundancia de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII). a. Abundancia Total, b. Abundancia de crustáceos, c. Abundancia de equinodermos, d. Abundancia de moluscos, e. Abundancia de cnidarios, f. Abundancia de poríferos. Todas las unidades están en 10^3 ind km^{-2} .

Los equinodermos presentaron un patrón de distribución diferente al observado en los crustáceos, con valores elevados en las estaciones C2 y F2 (Figura 3.22c). Este grupo en la zona costera presentó un valor de abundancia promedio de $5.1 \pm 1.3 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, donde las especies *A. duplicatus* y *A. cingulatus* exhibieron los valores más altos, influenciando los valores registrados para todo el grupo ($1.7 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 4.7 \cdot 10^3$). En la zona intermedia el valor promedio fue mayor al registrado en las estaciones someras ($14.2 \pm 16.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$); esta zona se caracterizó por presentar valores elevados de *A. cingulatus* (Anexo capítulo III, Tabla 9.16). En la zona profunda se observó el valor promedio más bajo ($0.9 \pm 10.7 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), siendo la estación D3 el área con mayor abundancia de equinodermos ($1.4 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.22c).

El patrón de distribución de la malacofauna a lo largo del derrotero de muestreo presentó zonaciones directas y parabólicas (Figura 3.22d). En la zona costera se registró un valor promedio de $0.7 \pm 0.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, con una elevada contribución de *Mercenaria campechiensis* en la estación F1 ($1.5 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), mientras que en la estación D1 se capturaron exclusivamente representantes de la especie *Busycoarctum coarctatum* (Figura 3.22d). En las estaciones intermedias la abundancia promedio fue $2.4 \pm 3.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, siendo la diferencia de abundancias de las estaciones F2 y C2 las responsables del elevado valor de desviación estándar (Figura 3.22d). *Mercenaria campechiensis*, *Polystira tella* y *Euvola papyracea* fueron las especies más abundantes ($1.7 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 2.5 \cdot 10^3$). La zona profunda exhibió un bajo valor promedio ($0.3 \pm 0.1 \cdot 10^3$) y fueron capturadas tres especies exclusivas (*Propeamussium dalli*, *Polygona infundibulum* y *Amygdalum politum*; Figura 3.22d. Anexo capítulo III, Tabla 9.16).

Durante el crucero PII solo fueron capturados los cnidarios *Anthopleura krebsi* y *Pennaria disticha* en la zona profunda, los cuales presentaron valores de abundancia bajos ($0.4 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $0.08 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$); su valor promedio fue $0.07 \pm 0.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, con valores más altos la estación D3 (Figura 3.22e). Por otro lado, la especie *Aplysina fulva*, fue el único porífero capturado durante el crucero PII, estado restringido a la estación F1 ($0.1 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.22f).

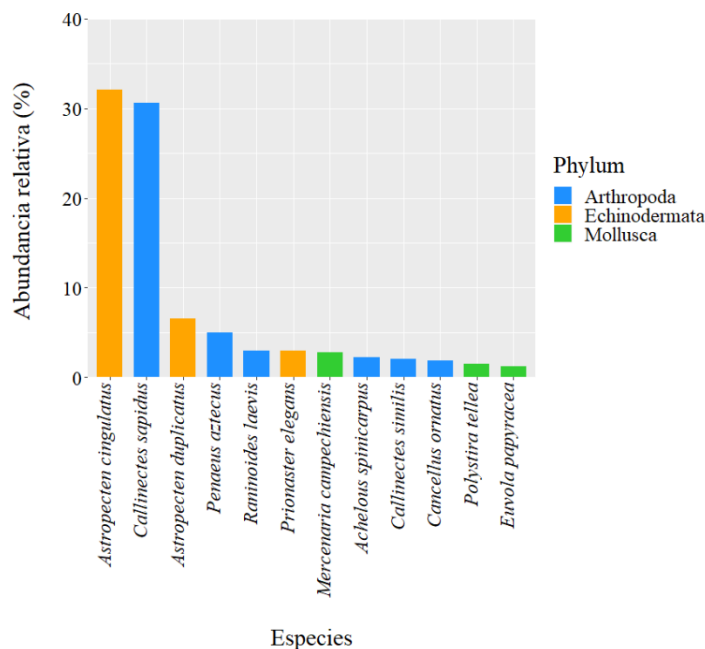


Figura 3.23. Abundancia relativa de las especies con contribuciones mayores al 1%, capturadas durante el crucero Perdido II (PII).

Un conjunto de 12 especies exhibió valores de abundancia relativa mayores al 1%, donde *Astropecten cingulatus* exhibió la mayor contribución ($59.4 \cdot 10^3$ ind km^{-2}), seguida por *Callinectes sapidus* y *Astropecten duplicatus* ($56.6 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $12.2 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; Figura 3.23); las nueve especies restantes presentaron valores de abundancia relativa menores al 5%~ $9.2 \cdot 10^3$ ind km^{-2} (Figura 3.23).

En términos de rangos de distribución solo *P. aztecus* fue registrada en ocho de las 10 estaciones, siendo la especie con el mayor rango de distribución geográfica ($Fr > 80\%$), mientras que *R. laevis*, *A. cingulatus*, *A. spinicarpus*, *A. duplicatus*, *C. sapidus* y *E. papyracea* fueron identificadas como especies comunes, que aportaron más del 1% de la abundancia total (Figura 3.23; Anexo capítulo III, Figura 9.9).

El bivalvo *M. campechiensis* fue la única especie casi común con elevada abundancia, mientras que *C. ornatus* y *P. tellea* fueron especies poco comunes con contribuciones mayores al 1% (Figura 3.23). Las especies *C. similis* y *P. elegans* fueron especies muy raras, haciendo parte del 62% de las especies capturadas una sola estación y siendo las únicas con abundancia relativas mayores al 1% (Figura 3.23; Anexo capítulo III, Figura 9.9, Tabla 9.16).

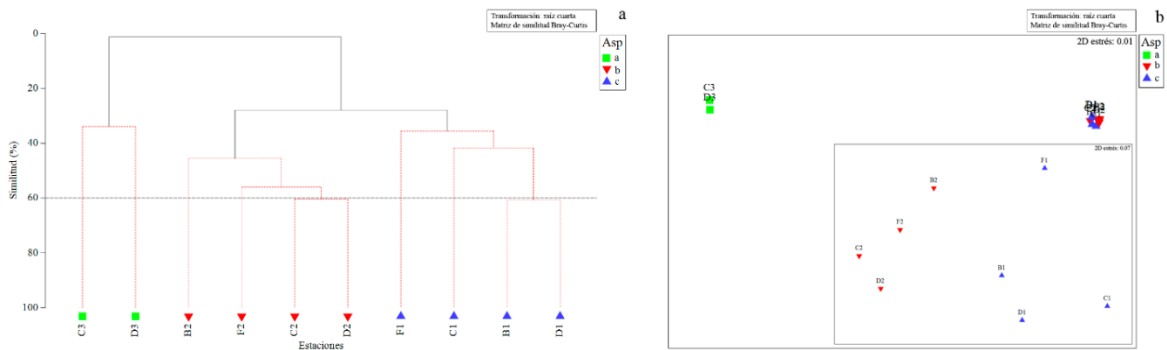


Figura 3.24. Análisis de clasificación cluster (a), b. Análisis de ordenación nMDS de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF.

A través de la prueba PERMANOVA de una vía se estableció la ausencia de efecto latitudinal a partir del total de especies capturadas, como en el grupo que excluyó las especies muy raras (Asp, $S=74$, $PseudoF=0.79$, $mcp=0.67$; $Wrsp$, $S=28$, $PseudoF=0.74$, $mcp=0.68$); mientras que la misma prueba permitió establecer diferencias estructurales, en los grupos de estaciones agrupados por isóbatas aportados por la prueba SIMPROF (Asp, $S=74$, $PseudoF=4.15$, $mcp=0.012$; $Wrsp$, $S=28$, $PseudoF=7.56$, $mcp=0.001$).

Este último factor presentó un valor de correlación cofenética de 0.85 y permitió observar la presencia de tres comunidades definidas por el rango batimétrico y dos grupos cohesionados, compuestos por las estaciones B1 y D1 de la zona costera y las estaciones C2 y D2 de la zona intermedia (Figuras 3.24a-b).

Los valores de similitud aportados por la prueba SIMPER fluctuaron entre 33.43% en el grupo *a* y 51.47% en el grupo *b* (Tabla 3.8). En las estaciones profundas pertenecientes al grupo *a*, las especies *C. ornatus* y *P. dalli* presentaron los valores más elevados de similitud (15.74%; Tabla 3.8).

En el grupo *b* compuesto por las estaciones de la zona intermedia, las especies *A. cingulatus*, *P. aztecus*, *A. spinicarpus*, *A. latus* y *R. laevis* exhibieron valores de contribución porcentual mayores al 10%, aportando de manera conjunta el 68.40% de la similitud del grupo. Las estaciones costeras (grupo *c*) presentaron las mayores contribuciones porcentuales *C. sapidus*, *A. duplicatus*, *P. aztecus* y *S. brevirostris* (Tabla 3.8).

Tabla 3.8. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) obtenido a partir de los valores de abundancia de la megafauna bentónica capturada en el crucero oceanográfico Perdido II (PII).

Grupo a Similitud porcentual promedio: 33.43%					
Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Cancellus ornatus</i>	5.5	5.34	SD=0!	15.74	15.74
<i>Propeamussium dalli</i>	3.8	5.34	SD=0!	15.74	31.48
<i>Nephropsis aculeata</i>	3.94	4.86	SD=0!	14.33	45.81
<i>Nephropsis rosea</i>	3.09	4.63	SD=0!	13.65	59.46
<i>Polycheles typhlops</i>	3.09	4.63	SD=0!	13.65	73.11
<i>Pennaria disticha</i>	3.39	4.63	SD=0!	13.65	86.77
<i>Penaeus setiferus</i>	3.66	4.49	SD=0!	13.23	100

Grupo b Similitud porcentual promedio: 51.47%					
Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Astropecten cingulatus</i>	9.55	11.68	3.99	22.66	22.66
<i>Penaeus aztecus</i>	5.18	7.12	5.01	13.81	36.47
<i>Achelous spinicarpus</i>	4.85	5.80	3.93	11.25	47.72
<i>Anasimus latus</i>	3.42	5.35	5.53	10.38	58.10
<i>Raninoides laevis</i>	4.78	5.31	3.66	10.30	68.40
<i>Polystira tellea</i>	3.67	2.89	0.91	5.61	74.01
<i>Euvola papyracea</i>	3.52	2.86	0.91	5.55	79.56
<i>Squilla empusa</i>	2.76	2.62	0.9	5.09	84.65
<i>Solenocera atlantidis</i>	2.59	2.47	0.9	4.78	89.43
<i>Anadara secernenda</i>	2.39	2.28	0.89	4.43	93.86

Grupo c Similitud porcentual promedio: 42.39%					
Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Callinectes sapidus</i>	9.46	11.2	3.73	26.76	26.76
<i>Astropecten duplicatus</i>	7.05	9.86	4.04	23.56	50.32
<i>Penaeus aztecus</i>	5.59	7.31	3.19	17.47	67.80
<i>Sicyonia brevirostris</i>	3.69	5.46	8.07	13.04	80.84
<i>Astropecten cingulatus</i>	3.06	1.27	0.41	3.04	83.87
<i>Mercenaria campechiensis</i>	2.58	1.06	0.41	2.52	86.39
<i>Parapenaeus politus</i>	2.34	0.98	0.41	2.34	88.73
<i>Calappa sulcata</i>	1.79	0.96	0.41	2.31	91.04

Durante el crucero PIII se capturaron menos especies que en la evaluación anterior (PIII=69 especies, PII=74 especies), en menos estaciones debido a problemas logísticos durante el muestreo (nueve estaciones). El 89.2% (125.5 ind km⁻²) de la abundancia total fue aportado por 14 especies, siendo más importantes los equinodermos que los crustáceos. En este crucero se observó una disminución paulatina en dirección norte en los valores de abundancia de las estaciones costeras y

un elevado valor de abundancia de la estación F1 ($35.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.25a-c); la estación D2 exhibió el valor más elevado de abundancia de la zona intermedia ($45 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), mientras que la estación C3 presentó la mayor abundancia en la zona profunda (Figura 3.25a).

Los crustáceos en la zona costera presentaron su mayor valor de abundancia promedio ($8.99 \pm 5.98 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), debido a la presencia de *P. aztecus* y *S. vioscai* en la estación F1 ($2.4 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 4.9 \cdot 10^3$), mientras que en la zona intermedia su valor promedio ($2.86 \pm 3.55 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), fue influenciado por la captura de *P. aztecus* y *Raninoides laevis* en la estación F2 ($1.0 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 1.3 \cdot 10^3$). En la zona profunda la presencia de *P. setiferus* en la estación C3 fue el factor que ocasionó la presencia de valores más elevados en esta área que en la zona de plataforma ($4.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.25b).

El valor de abundancia promedio de los equinodermos en la zona costera estuvo influenciado por la presencia de *A. duplicatus* en la estación F1 ($15 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; $7.7 \pm 5.6 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), mientras que en la zona intermedia fue la especie *A. cingulatus* la que presentó los valores más altos e influencia sobre el valor promedio ($43 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; $14.8 \pm 23.4 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$). En la zona profunda el grupo exhibió un valor más elevado al registrado en el crucero PII ($3.1 \pm 2.1 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), siendo nuevamente la estación D3 el área con mayor abundancia ($4.6 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), debido a un aporte del 86.7% por parte de *A. cingulatus* ($4 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.25c; Anexo capítulo III, Tabla 9.17).

La malacofauna en la zona costera presentó un valor promedio de $0.9 \pm 1 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, con la estación F1 como la zona persistente en términos de elevadas abundancias del grupo ($2.6 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), debido a la presencia conjunta de *Mercenaria campechiensis*, *Cinguloterebra floridana*, *Psammotreta brevifrons* y *Conus cancellatus* ($0.4 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.4 \cdot 10^3$; Anexo capítulo III, Tabla 9.17). En la zona intermedia el valor promedio calculado fue $2.5 \pm 3.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, aportada en mayor medida por *Euvola papyracea*, *Polystira tellea* y *Semicassi granulata* ($0.2 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.2 \cdot 10^3$), cabe aclarar la ausencia de este grupo en la estación B2 (Figura 3.25d). En la zona profunda el valor de abundancia promedio fue $0.25 \pm 0.014 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, la estación D3 se mantuvo como la zona más abundante, con la presencia exclusiva de las especies *Glyphostoma granulata* y *P. tellea* (Figura 3.25d; Anexo capítulo III, Tabla 9.17).

Durante el crucero PIII los cnidarios exhibieron una distribución restringida a la estación C3 y bajas abundancias, siendo representados de manera exclusiva por *P. disticha* ($0.1 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.25e).

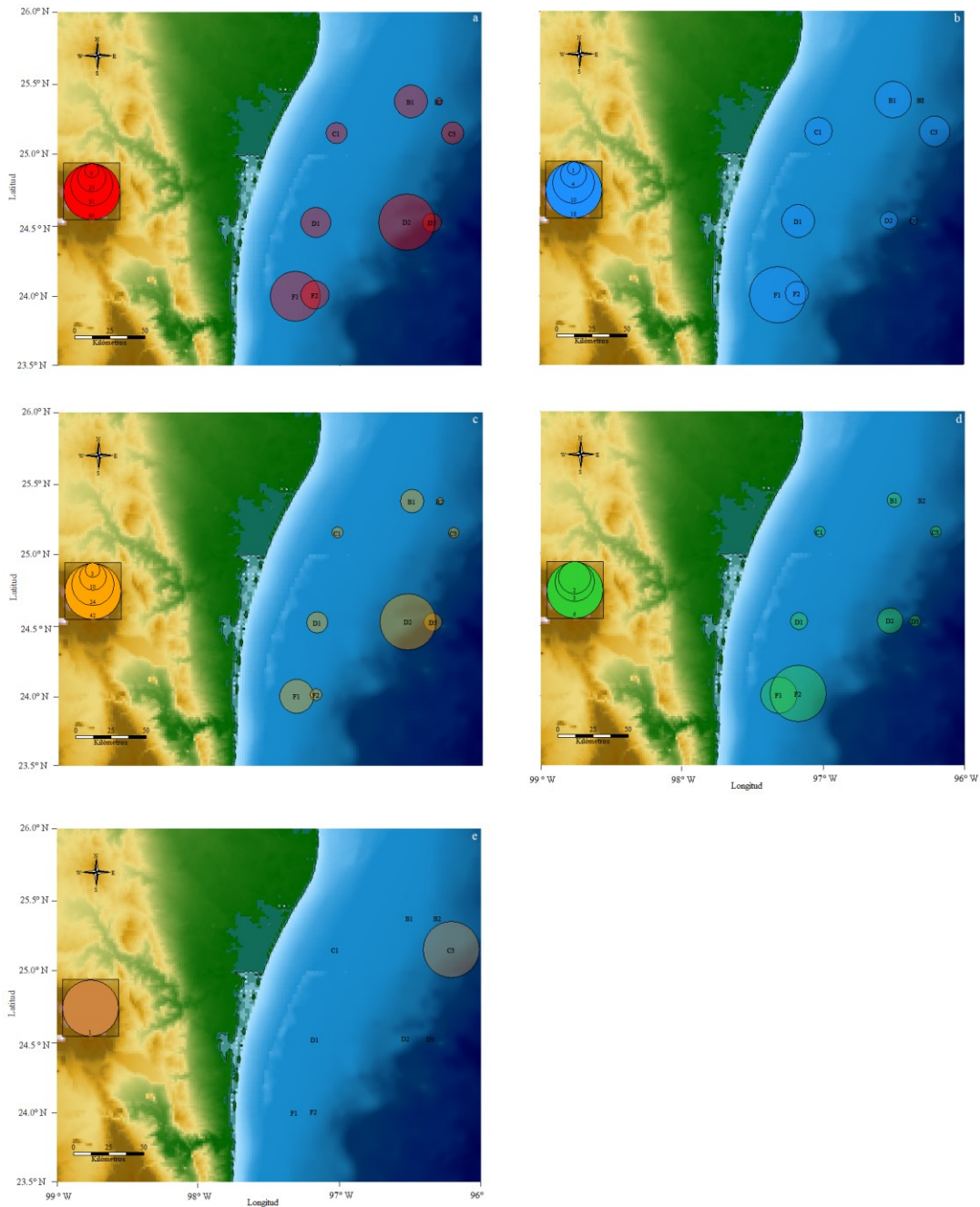


Figura 3.25. Abundancia de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII). a. Abundancia Total, b. Abundancia de crustáceos, c. Abundancia de equinodermos, d. Abundancia de moluscos, e. Abundancia de cnidarios. Todas las unidades están en 10^3 ind km^{-2} .

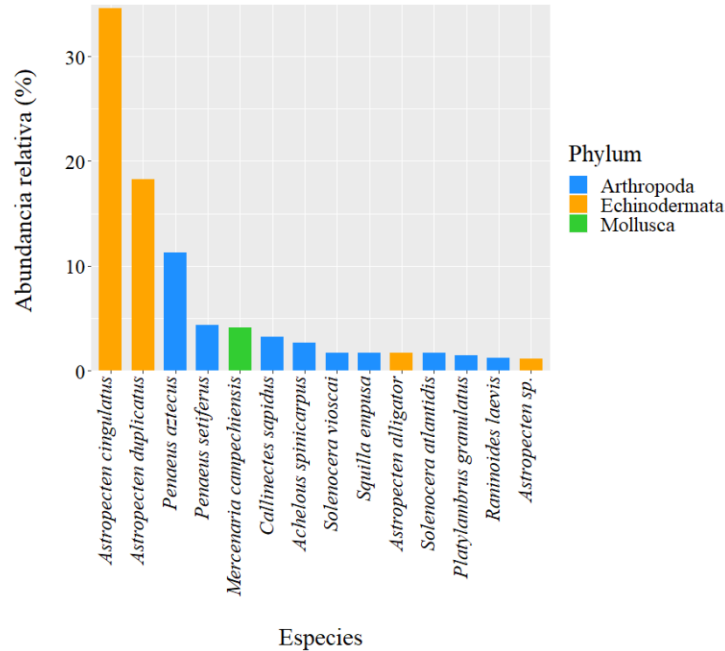


Figura 3.26. Abundancia relativa de las especies con contribuciones mayores o iguales al 1%, capturadas durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII).

Las especies con mayor contribución a la abundancia de la megafauna bentónica fueron *Astropecten cingulatus*, *Astropecten duplicatus* y *P. aztecus* ($15.8 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 48.5 \cdot 10^3$; Figura 3.26), siendo responsables del 64% de la abundancia del megabentos capturado en el CPP durante el crucero PIII, *Mercenaria campechiensis* fue el único molusco que presentó contribuciones mayores o iguales al 1%.

El rango de distribución geográfico observado en el crucero PIII fue menor al observado en el crucero PII (Anexo capítulo III, Figuras 9.9, 9.10); dado que no se presentaron especies constantes, siendo *P. aztecus*, *A. cingulatus* y *Pseudostichopus occulatus* especies comunes y abundantes en el caso de las dos primeras ($1.6 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 4.8 \cdot 10^3$; Figura 3.26; Anexo capítulo III, f0). En el conjunto de ocho especies casi comunes, siete presentaron valores de abundancia relativa mayores al 1% (Figura 3.26; Anexo capítulo III, Figura 9.10); mientras que *S. atlantidis* fue el único miembro del grupo de especies casi comunes que presentó elevados de abundancia ($2.4 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Anexo capítulo III, Figura 9.10).

Durante el crucero PIII nueve especies fueron raras, de las cuales *P. setiferus*, *S. vioscai* y *A. alligator* exhibieron elevados valores de abundancia ($2.4 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 6.1 \cdot 10^3$; Figura 3.26);

mientras que 64% de las especies capturadas fueron muy raras, siendo *Astropecten* sp la especie más abundante y de distribución restringida ($1.2 \cdot 10^3$ ind km⁻²; Figura 3.26).

Tabla 3.9. Análisis de similitud porcentual (SIMPER) obtenido a partir de los valores de abundancia de la megafauna bentónica capturada en el crucero oceanográfico Perdido III (PIII).

Grupo d. Similitud porcentual promedio: 34.79%					
Especie	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Penaeus aztecus</i>	6.94	8.88	4.83	25.54	25.54
<i>Astropecten duplicatus</i>	5.21	3.07	0.7	8.82	34.36
<i>Callinectes sapidus</i>	3.81	2.99	0.73	8.58	42.94
<i>Astropecten cingulatus</i>	4.94	2.51	0.65	7.21	50.15
<i>Mercenaria campechiensis</i>	3.65	2.25	0.77	6.47	56.62
<i>Achelous spinicarpus</i>	3.38	2.15	0.75	6.17	62.79
<i>Raninoides laevis</i>	2.9	1.99	0.77	5.71	68.50
<i>Pseudostichopus occultatus</i>	2.16	1.75	0.78	5.04	73.53
<i>Squilla empusa</i>	2.88	1.68	0.77	4.84	78.37
<i>Euvola papyracea</i>	2.18	1.03	0.47	2.97	81.34
<i>Anasimus latus</i>	1.71	1.03	0.48	2.95	84.29
<i>Psammotreta brevifrons</i>	1.84	0.88	0.47	2.54	86.83
<i>Platylambrus granulatus</i>	2.29	0.86	0.47	2.47	89.29
<i>Polystira tellea</i>	1.87	0.83	0.46	2.37	91.67

La prueba SIMPROF permitió establecer la existencia de cuatro grupos con diferencias estructurales, sin influencia de la distribución latitudinal, determinados por el cambio batimétrico (coeficiente cofenético de 0.91), siendo esto confirmado por la prueba PERMANOVA (Latitud, S=69, PseudoF=1.27, mcp=0.27; Wrsp, S=25, PseudoF=1.42, mcp=0.13; Asp, S=69, PseudoF=2.59, mcp<0.01; Wrsp, S=25, PseudoF=3.91, mcp=0.001).

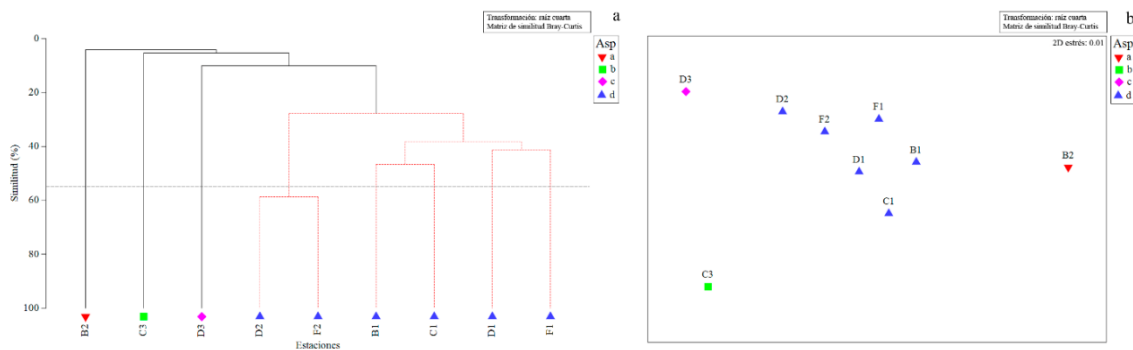


Figura 3.27. Análisis de clasificación cluster (a) y ordenación nMDS (b), obtenidos a partir de la megafauna bentónica capturada durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF.

De los cuatro grupos identificados en el CPP, la prueba SIMPER permitió establecer un nivel máximo de cohesión comunitaria entre las estaciones D2 y F2, que hicieron parte del grupo d, compuesto por las estaciones de la zona de plataforma que presentaron una similitud de 34.79% y una elevada importancia de *P. aztecus* (Figura 3.27a-b, Tabla 3.9), mientras que las B2, C3 y D3 exhibieron diferencias estructurales al nivel de singletons (Figura 3.27a-b).

3.3.10 Relación de la abundancia de la megafauna bentónica con las variables ambientales en el Cinturón Plegado Perdido (CPP).

La prueba BIOENV permitió establecer que el acenaftileno (AcNti), el fluoranteno (Flte) y la profundidad (Z), fueron en mayor medida las variables que más influenciaron la estructura de las comunidades en términos de abundancia ($\rho=0.829$), seguidas por el $n\text{-C}_{12}$ y la salinidad ($\rho=0.771$).

En el caso del acenaftileno representó un conjunto de siete variables, exhibiendo relaciones directas con el 2,3,5-trimetilnaftaleno, benzo(a)pireno, perileno, benzo(ghi)pireno, clorofila (Chla), benzo(a)antraceno y los aromáticos totales (PAHst). El fluoranteno representó tres variables con las cuales exhibió relaciones directas (criseno, benzo(a)antraceno y pireno). Por su parte el $n\text{-C}_{12}$ exhibió relaciones directas con el metilnaftaleno y el 2-metilnaftaleno y una relación inversa con el $n\text{-C}_{37}$.

La profundidad exhibió una relación directa con la densidad del agua (SigmaT) e inversas con la temperatura, clorofila (Chla) y los hidrocarburos representados por el AcNti, mientras que la salinidad no exhibió correlaciones con ninguna variable.

La prueba LINKTREE realizada a partir de los resultados aportados por las pruebas SIMPROF y BIOENV, permitieron establecer que la profundidad y la salinidad en conjunto fueron el principal gradiente ambiental en el área, separando la zona de plataforma y la profunda; a partir de profundidades inferiores a 98 m y valores de salinidad superiores a 36.1 ($R=1.00$; $B\%=100$; Figura 3.28).

Las estaciones de la plataforma continental exhibieron diferencias estructurales con respecto a la zona intermedia, debido a mayores concentraciones de acenaftileno y fluoranteno en la zona costera ($\text{AcNti} > 1.79 \mu\text{g kg}^{-1}$ y $\text{Flte} > 9.87 \mu\text{g kg}^{-1}$; B: $R=0.84$, $B\%=54$); donde las diferencias en las concentraciones de fluoranteno en la zona costera y $n\text{-C}_{12}$ en la intermedia, no propiciaron diferencias estructurales al interior de dichas áreas (Figura 3.28).

Las estaciones intermedias al presentar menores concentraciones de acenaftileno y fluoranteno ($\text{AcNti} < 0.956 \mu\text{g kg}^{-1}$, $\text{Flte} < 7.87 \mu\text{g kg}^{-1}$; Figura 3.28), con valores más altos de salinidad y profundidad ($Z > 83\text{m}$, $S > 36.4$; Figura 3.28) y estar influenciada por concentraciones de $n\text{-C}_{12}$ (E:

R=1.00, B%=22%); deben presentar menos influencia de aportes continentales (F: R=1.00, B%=9%; Figura 3.28).

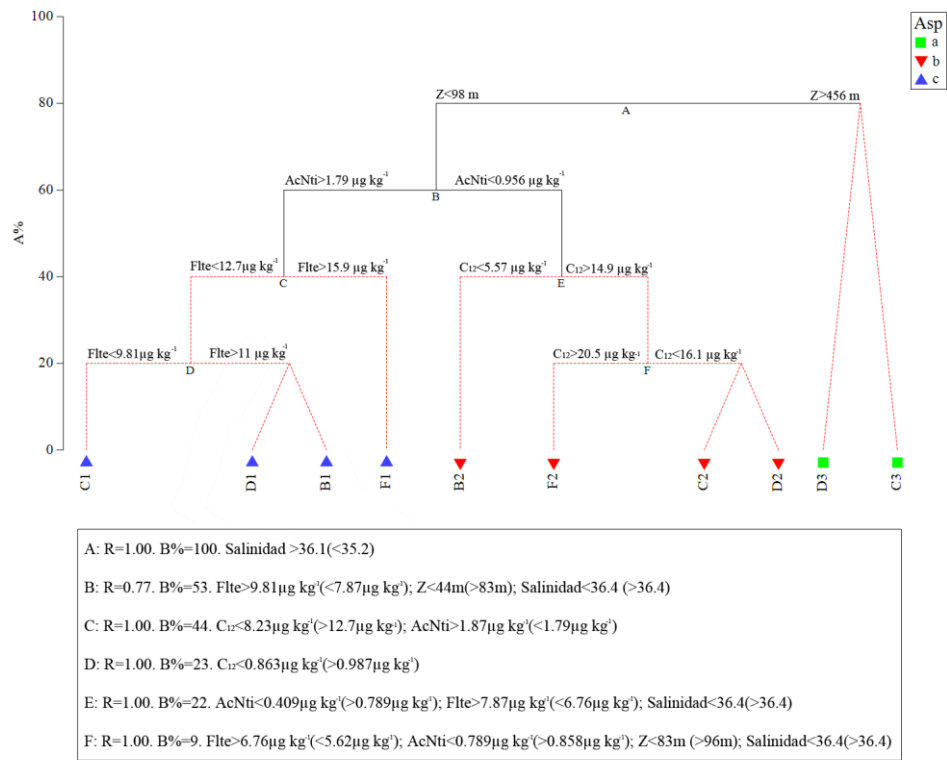


Figura 3.28. Prueba LINKTREE realizada a partir de la abundancia de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII).

Durante el crucero PIII, la prueba BIOENV permitió establecer la influencia del conjunto conformado por la profundidad, el oxígeno, el níquel y el $n\text{-C}_{37}$ ($\rho=0.764$, $\rho=0.754$), sobre la estructura comunitaria en términos de abundancia. En esta evaluación los gradientes ambientales fueron diferentes a los registrados en el crucero PII, debido a la presencia de un conjunto estructural de zona de plataforma, otro de zona profunda y un singleton (Figura 3.29).

El $n\text{-C}_{37}$ fue la variable responsable del gradiente ambiental que separó la estación B2 del resto de áreas evaluadas (A: R=0.68; B%=86; Figura 3.29), como resultado de una estructura fisicoquímica fundamentada en concentraciones inferiores a 23.7 $\mu\text{g kg}^{-1}$ de dicho compuesto, a la cual se le atribuye la presencia de la estructura comunitaria única descrita anteriormente (Figura 3.29).

Las estaciones de la zona profunda y las restantes de la plataforma continental presentaron un gradiente definido por profundidades mayores a 473 m y concentraciones de $n\text{-C}_{37}$ superiores a 42.1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (B: R=0.91; B%=75; Figura 3.29). Las zonas intermedia y costera exhibieron

diferencias en concentraciones de OD y Ni, sin que se presentaran diferencias estructurales ($O_2 > 3.57 \text{ mL L}^{-1}$; C: $R=0.86$; $B\%=35$; C: $R=0.50$; $B\%=18$; Figura 3.29).

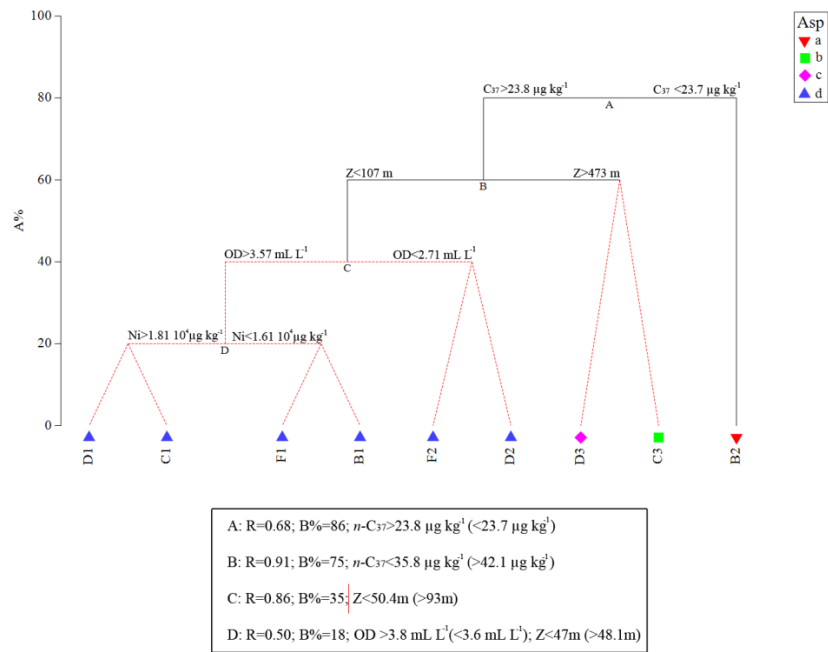


Figura 3.29. Prueba LINKTREE realizada a partir de la abundancia de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII).

3.3.11 Biomasa y estructura comunitaria de la megafauna presente en el Cinturón Plegado Perdido (CPP).

En el CPP durante el crucero PII los valores de biomasa presentaron un gradiente decreciente a lo largo del perfil batimétrico, con valores elevados en la zona costera (63.7 ± 44.9 kg AFDW km^{-2}), intermedios en las estaciones localizadas a 91.9 ± 16.7 m de profundidad (33.9 ± 17.9 kg AFDW km^{-2}), mientras que en la zona profunda presentó los valores más (15.3 ± 1.05 kg AFDW km^{-2}).

A nivel de grandes grupos, los crustáceos en la zona costera presentaron valores promedio de 61 ± 44.4 kg AFDW km^{-2} , siendo *C. sapidus* la especie que exhibió los valores más altos en dicha área (Figura 3.30b, Anexo capítulo III, Tabla 9.18). La zona intermedia exhibió un valor de biomasa promedio de 14.4 ± 8.0 kg AFDW km^{-2} , con elevadas contribuciones de *P. aztecus* en la estación F2 y de *Calappa sulcata* en la C2 (Figura 3.30b, Anexo capítulo III, Tabla 9.18). En la zona profunda con un valor promedio de 6.6 ± 5.2 kg AFDW km^{-2} , presentó mayor biomasa en la estación D3 (10.3 kg AFDW km^{-2}), con *C. ornatus* como la especie que mayor contribución a la biomasa de la comunidad (7.7 kg AFDW km^{-2}), mientras que *P. setiferus* fue la especie más importante de la estación C3 (0.81 kg AFDW km^{-2} ; Figuras 3.30b).

Los equinodermos, presentaron el segundo valor en importancia en términos de biomasa (Figura 3.30c). En la zona costera el grupo exhibió el valor promedio más bajo (1.6 ± 1.4 kg AFDW km^{-2}), donde *L. clathrata* y *A. cingulatus* exhibieron los valores más altos en la estación D1 (>1.4 kg AFDW); la zona intermedia el valor promedio más elevado (13.1 ± 14.7 kg AFDW km^{-2}), siendo *A. cingulatus* la especie más importante en esta zona, aportando el 99.8% de la biomasa de la estación C2 (Anexo capítulo III, Tabla 9.18; Figura 3.30c). En la zona profunda se observaron valores intermedios y menos variables (4.7 ± 0.1 kg AFDW km^{-2}), los cuales fueron aportados en mayor medida por las especies *Molpadia musculus* y *Amphiophiura oedignatha* (Anexo capítulo III, Tabla 9.18; Figura 3.30c).

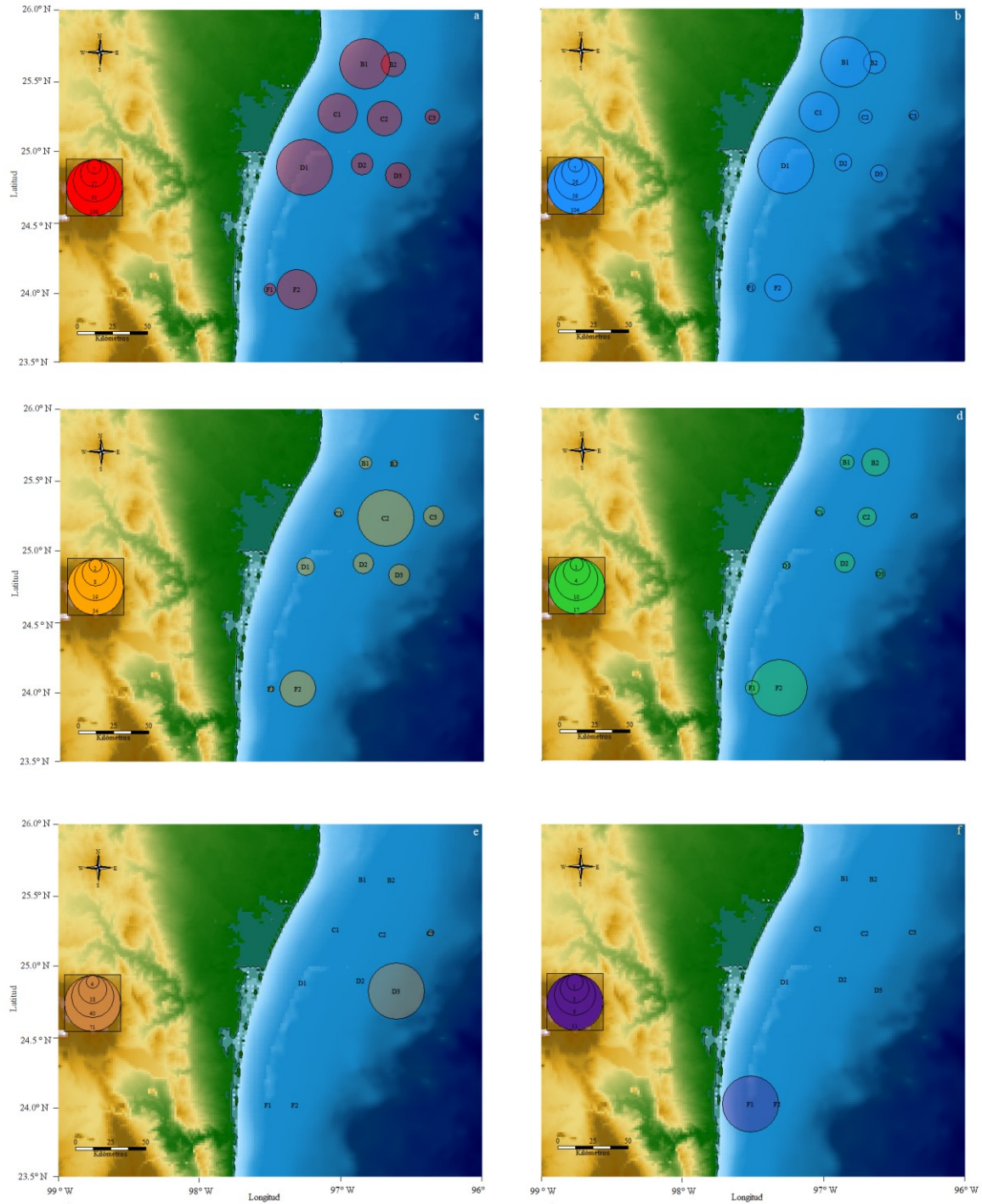


Figura 3.30. Biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII). a. Biomasa Total, b. Biomasa de crustáceos, c. Biomasa de equinodermos, d. Biomasa de moluscos, e. Biomasa de cnidarios, f. Biomasa de poríferos. Todas las unidades están en kg AFDW km^{-2} .

Los moluscos presentaron su valor promedio intermedio en la zona costera (0.7 ± 0.4 kg AFDW km^{-2}), donde *M. campechiensis* y *Conus stimpsoni* fueron las especies más importantes, con valores elevados en las estaciones B1 y D1, sumado a la presencia exclusiva de *B. coarctatum* en esta última estación; mientras que la zona intermedia presentó el valor promedio más elevado (6.3 ± 7.1 kg AFDW km^{-2}), debió en mayor medida por la presencia de las especies *P. tellea*, *S. grayi* y *E. papyracea* y *A. discernenda* en la estación F2 ($0.61 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 6.9 \text{ kg km}^{-2}$). La zona profunda exhibió el valor promedio más bajo (0.3 ± 0.3 kg AFDW km^{-2}), siendo la especie *P. dalli* quien presentó los valores más elevados de biomasa ($0.31 \text{ kg AFDW km}^{-2}$; Figura 3.30d).

Los cnidarios distribuidos exclusivamente en la zona profunda, presentaron un valor promedio de 0.7 ± 2.2 kg AFDW km^{-2} , donde la estación D3 presentó mayor biomasa que la C3 ($7 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ y $0.088 \text{ kg AFDW km}^{-2}$; Figura 3.30e). En la estación D3 se capturaron dos especies *Anthopleura krebsi* y *P. disticha*, mientras que en la estación C3 solo fue registrada *P. disticha*. Por otro lado, los poríferos fueron representados por la especie *Aplysina fulva*, la cual se distribuyó de manera exclusiva en la estación F1, exhibiendo un valor de $1 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ (Figura 3.30f).

El conjunto de especies que presentaron valores mayores o iguales al 1% de biomasa relativa, fueron responsables del 90.6% de la biomasa total. La especie más importante y que dominó la biomasa en el CPP durante el crucero PII fue *C. sapidus* $192.2 \text{ kg AFDW km}^{-2}$, seguida por *A. cingulatus* y *P. aztecus* ($54.1 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ y $42.5 \text{ kg AFDW km}^{-2}$), quienes aportaron más del 10% de la biomasa total, el resto de las especies presentaron valores inferiores al 4% (Figura 3.31).

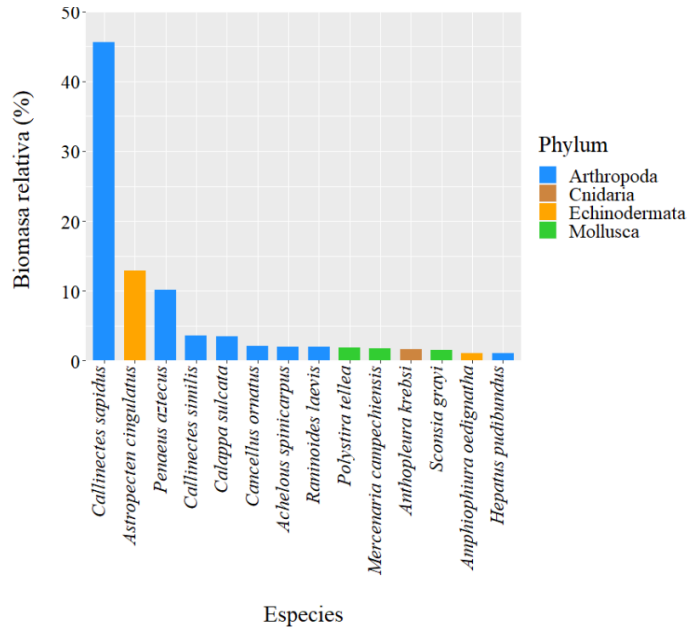


Figura 3.31. Valores de biomasa relativa de las especies con contribuciones mayores al 1%, capturadas durante el crucero Perdido II (PII).

Durante el crucero PII fueron identificados tres grupos con diferencias estructurales (Figura 3.32), siendo el gradiente batimétrico el factor responsable de la presencia de dichos grupos, lo cual fue evidenciado a través de la prueba SIMPROF y comprobado con la prueba PERMANOVA de una vía (Bsp, S=74, PseudoF=5.08, $mcp < 0.001$; Wrsp, S=28, PseudoF=8.11, $mcp = 0.02$; Figuras 3.32a-b). Los datos obtenidos del crucero PII no presentaron diferencias estructurales ocasionadas por gradientes latitudinales (Bsp S=74, PseudoF=5.08, $mcp = 0.354$; Wrsp, S=28, PseudoF=0.79, $mcp = 0.615$).

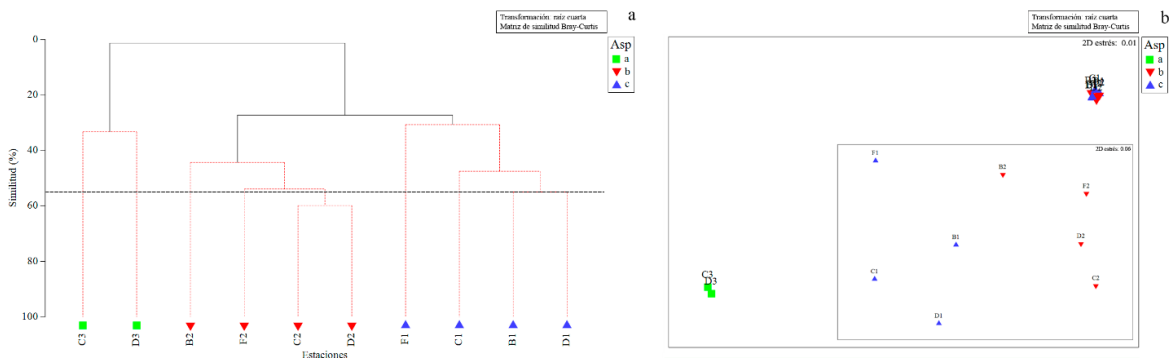


Figura 3.32. Análisis de clasificación cluster (a) y ordenación nMDS (b), realizados a partir de los valores de biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF.

Los grupos tres no presentaron estaciones aisladas (singletons). La zona profunda presentó el menor valor de similitud (grupo *a* 33.27%) y las especies *P. aztecus* y *C. ornatus* exhibieron las mayores contribuciones individuales (Tabla 3.10); la zona intermedia presentó el valor más alto de similitud (50.13%), no compartió especies con la zona profunda y cuatro especies exhibieron contribuciones superiores al 10% (Tabla 3.10). La zona costera presentó contribuciones elevadas de las especies *C. sapidus* y *P. aztecus* y *A. duplicatus*, aportando en conjunto el 72.05% de la similitud del grupo (Tabla 3.10; Figura 3.32a).

Tabla 3.10. Análisis de similitud porcentual SIMPER obtenido a partir de los valores de biomasa de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Perdido II (PII).

Grupo a Similitud porcentual promedio: 33.27%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Penaeus setiferus</i>	5.23	6.41	SD=0!	19.28	19.28
<i>Cancellus ornatus</i>	7.01	5.81	SD=0!	17.47	36.75
<i>Nephropsis aculeata</i>	4.42	5.15	SD=0!	15.49	52.24
<i>Polycheles typhlops</i>	4.20	4.80	SD=0!	14.43	66.67
<i>Nephropsis rosea</i>	4.26	4.65	SD=0!	13.98	80.65
<i>Pennaria disticha</i>	2.82	3.25	SD=0!	9.77	90.42
Grupo b Similitud porcentual promedio: 50.13%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Astropecten cingulatus</i>	9.30	8.77	3.08	17.50	17.50
<i>Penaeus aztecus</i>	7.88	7.71	3.96	15.39	32.88
<i>Achelous spinicarpus</i>	6.18	6.52	6.10	13.00	45.88
<i>Raninoides laevis</i>	5.88	5.65	3.23	11.26	57.14
<i>Anasimus latus</i>	5.04	5.47	3.44	10.9	68.05
<i>Euvola papyracea</i>	4.19	3.25	0.91	6.48	74.53
<i>Polystira tellea</i>	4.40	2.46	0.91	4.91	79.44
<i>Anadara secernenda</i>	3.17	2.32	0.89	4.63	84.08
<i>Squilla empusa</i>	3.28	2.30	0.87	4.59	88.66
<i>Solenocera atlantidis</i>	3.02	1.98	0.85	3.95	92.61
Grupo c Similitud porcentual promedio: 40.35%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Callinectes sapidus</i>	13.45	14.73	3.33	36.51	36.51
<i>Penaeus aztecus</i>	7.47	8.09	2.74	20.05	56.56
<i>Astropecten duplicatus</i>	4.47	6.25	4.50	15.48	72.05
<i>Sicyonia brevirostris</i>	3.94	3.78	4.16	9.38	81.42
<i>Calappa sulcata</i>	3.97	1.65	0.41	4.08	85.50
<i>Mercenaria campechiensis</i>	2.68	1.25	0.41	3.11	88.61
<i>Astropecten cingulatus</i>	3.06	1.07	0.41	2.66	91.27

En términos generales los valores de biomasa del crucero PIII presentaron un marcado patrón de disminución conforme aumentó la profundidad (Figura 3.33a). En la zona costera el valor promedio registrado fue 20.1 ± 3.8 kg AFDW km⁻², mientras que el valor registrado en el rango de

96.7±7.82 m de profundidad disminuyó y fue más variable debido en mayor medida al valor de la estación D2 (19.9±22.8 kg AFDW km⁻², 45 kg AFDW km⁻²). La zona profunda presentó el valor más bajo y menos (10.3±0.3 kg AFDW km⁻², Figura 3.33a; Anexo capítulo III, Tabla 9.19).

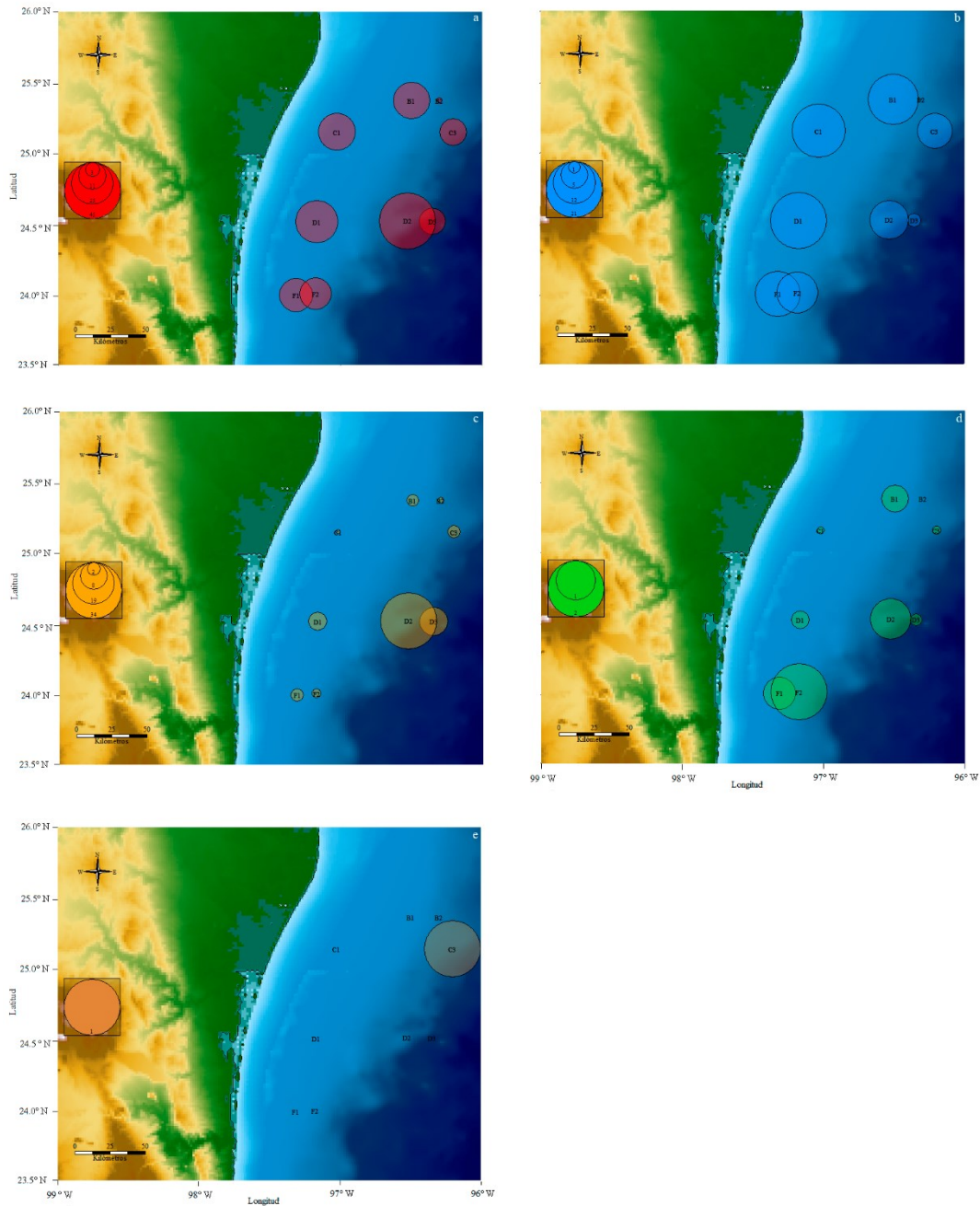


Figura 3.33. Biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII). a. Biomasa Total, b. Biomasa de crustáceos, c. Biomasa de equinodermos, d. Biomasa de moluscos, e. Biomasa de cnidarios. Todas las unidades están en kg AFDW km⁻².

Los crustáceos en la zona costera presentaron valores promedio de 17.9 ± 3.2 kg AFDW km^{-2} , al igual que en el crucero PII la estación D1 presentó el valor más elevado (21.34 kg AFDW km^{-2}), el cual estuvo influenciado por las especies *P. setiferus*, *P. aztecus* y *C. sapidus* (5 kg $\text{km}^{-2} \leq$ AFDW ≤ 7.8 kg km^{-2}). En la zona intermedia el valor de biomasa promedio fue 7.1 ± 6.2 kg AFDW km^{-2} , con diferencias marcadas entre estaciones y valores elevados de *P. aztecus* y *R. laevis* (1.6 kg $\text{km}^{-2} \leq$ AFDW ≤ 17.1 kg km^{-2} ; Figura 3.33b). El valor promedio en la zona profunda fue 4.9 ± 5.1 kg AFDW km^{-2} , con contribuciones elevadas de las especies *P. setiferus*, *N. aculeata*, *C. ornatus* y *Penaeus* sp (0.3 kg $\text{km}^{-2} \leq$ AFDW ≤ 7.1 kg km^{-2} ; Anexo capítulo III, Tabla 9.19).

Los equinodermos en la zona costera presentaron un valor promedio de 1.8 ± 1.4 kg AFDW km^{-2} , la estación D1 presentó el valor más alto (3.7 kg AFDW km^{-2}) y las especies *A. duplicatus* y *A. cingulatus* las mayores contribuciones a la biomasa en esta área (0.96 kg $\text{km}^{-2} \leq$ AFDW ≤ 2.21 kg km^{-2}). En la zona intermedia el valor de biomasa promedio fue 11.72 ± 19.14 kg AFDW km^{-2} , siendo la estación D2 la zona con el valor más alto resultado de la presencia de *A. cingulatus* y *P. occultatus* (1.17 kg $\text{km}^{-2} \leq$ AFDW ≤ 32.56 kg km^{-2}). El valor de biomasa promedio en la zona profunda fue 5.2 ± 4.8 kg AFDW km^{-2} , donde *Isostichopus badiionotus* y *A. cingulatus* presentaron los valores más elevados (1.22 kg $\text{km}^{-2} \leq$ AFDW ≤ 6.89 kg km^{-2} ; Figura 3.33c; Anexo capítulo III, Tabla 9.19).

La malacofauna exhibió un patrón zonación similar al observado en el crucero PII (Figura 3.33d). La zona costera presentó el valor promedio intermedio (0.38 ± 0.30 kg AFDW km^{-2}) y las especies *C. cancellatus*, *Polystira tellea*, *M. campechiensis* y *Triplofusus giganteus* exhibieron los valores de biomasa más elevados (0.11 kg $\text{km}^{-2} \leq$ AFDW ≤ 0.34 kg km^{-2}), mientras que el mayor valor promedio lo presentó la zona intermedia (1.1 ± 1.0 kg AFDW km^{-2}), debido en mayor medida a la presencia de las especies *S. granulata*, *M. campechiensis*, *E. papyracea* y *P. tellea* (1.3 kg $\text{km}^{-2} \leq$ AFDW ≤ 0.24 kg km^{-2}). En la zona profunda se observó el valor promedio más bajo (0.07 ± 0.03 kg AFDW km^{-2}), donde las especies *G. granulata* y *P. dalli* presentaron los valores más elevados de esta variable (0.09 kg AFDW km^{-2} ; 0.04 kg AFDW km^{-2} ; Figura 3.33d). Los cnidarios fueron representados de manera exclusiva por *P. disticha* capturada en la estación C3 (0.8 kg AFDW km^{-2} ; Figura 3.33e).

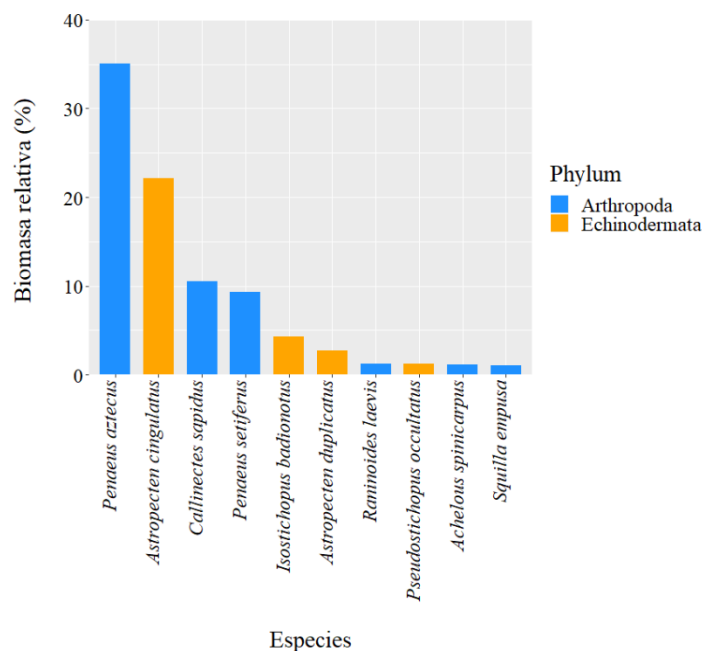


Figura 3.34. Valores de biomasa relativa de las especies con contribuciones mayores al 1%, capturadas durante el crucero Perdido III (PIII).

En el crucero PIII 10 especies fueron responsables del 88.47% de la biomasa total, al presentar contribuciones mayores al 1%. *P. aztecus* fue la especie con mayor biomasa reportada para el área (56.5 kg AFDW km⁻²), seguida por *A. cingulatus* y *C. sapidus* (35.5 kg AFDW km⁻² y 16.8 kg AFDW km⁻²; Figura 3.34).

Estructuralmente fueron identificados cuatro grupos, de los cuales tres fueron singletons (estaciones B2, C3 y D3); mientras que las estaciones de la zona costera junto a las estaciones B2 y D2 conformaron el grupo *d* (Figura 3.35a-b). Dichos grupos no presentaron diferencias estructurales ocasionadas al cambio latitudinal (Bsp S=69, PseudoF=1.16, mcp=0.354; Wrsp, S=25, PseudoF=1.29, mcp=0.289); mientras que el cambio batimétrico si fue responsable de la diferencia estructural en términos de biomasa (Bsp, S=69, PseudoF=3.01, mcp=0.01; Wrsp, S=25, PseudoF=4.05, mcp=0.001).

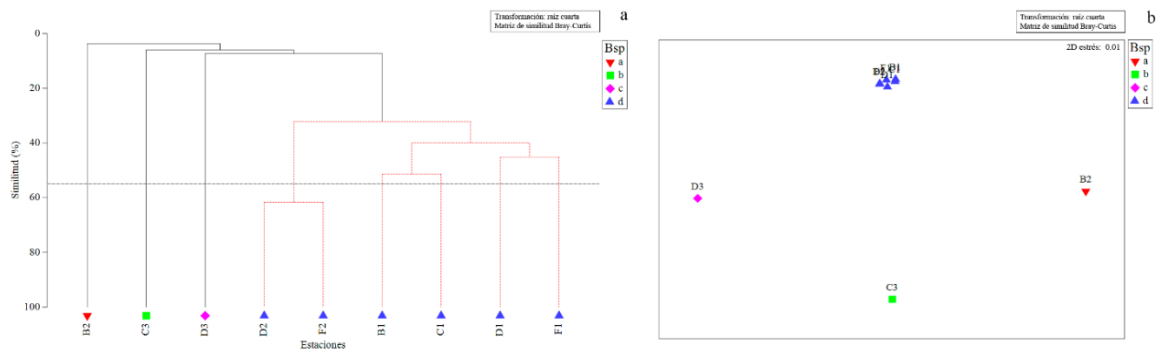


Figura 3.35. Análisis de clasificación cluster (a) y de ordenación nMDS (b), realizados a partir de los valores de biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII); se presentan los grupos con diferencias estructurales aportados por la prueba SIMPROF.

El único grupo observado en términos de biomasa en el crucero PIII, estuvo conformado por 13 especies que aportaron el 91.52% de la similitud, siendo las especies *P. aztecus* y *C. sapidus* quienes exhibieron los valores más elevados de contribución individual a la similitud del grupo (36.38% y 10.60%) y siendo *P. aztecus*, la especie característica y discriminadora del grupo (Sim/SD=6.58).

Tabla 3.11. Análisis de similitud porcentual SIMPER obtenido a partir de los valores de biomasa de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Perdido III (PIII).

Grupo d Similitud promedio porcentual: 38.34%					
Especie	Av.Bio	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Penaeus aztecus</i>	9.81	13.95	6.58	36.38	36.38
<i>Callinectes sapidus</i>	5.15	4.06	0.75	10.6	46.98
<i>Astropecten cingulatus</i>	4.52	2.28	0.71	5.94	52.92
<i>Achelous spinicarpus</i>	2.9	2.23	0.77	5.81	58.74
<i>Astropecten duplicatus</i>	3.3	2	0.69	5.23	63.96
<i>Raninoides laevis</i>	2.89	1.94	0.75	5.07	69.03
<i>Mercenaria campechiensis</i>	2.54	1.93	0.77	5.05	74.08
<i>Squilla empusa</i>	2.8	1.88	0.78	4.9	78.98
<i>Pseudostichopus occultatus</i>	2.34	1.61	0.78	4.19	83.17
<i>Polystira tellea</i>	1.69	0.83	0.48	2.17	85.34
<i>Solenocera atlantidis</i>	1.78	0.82	0.48	2.13	87.47
<i>Anasimus latus</i>	1.43	0.81	0.48	2.1	89.58
<i>Euvola papyracea</i>	1.86	0.74	0.45	1.94	91.52

3.3.12 Relación de la biomasa de la megafauna bentónica con las variables ambientales en el Cinturón Plegado Perdido (CPP).

La prueba BIOENV permitió determinar que el $n\text{-C}_{12}$, el fluoranteno, la profundidad y la salinidad fueron las variables que más influenciaron la biomasa de la comunidad megabentónica evaluada durante el crucero PII ($\rho=0.829$). En este conjunto de variables los hidrocarburos exhibieron relaciones directas, mientras que la profundidad exhibió relación directa con densidad del agua (SigmaT ; $\rho > 0.70$).

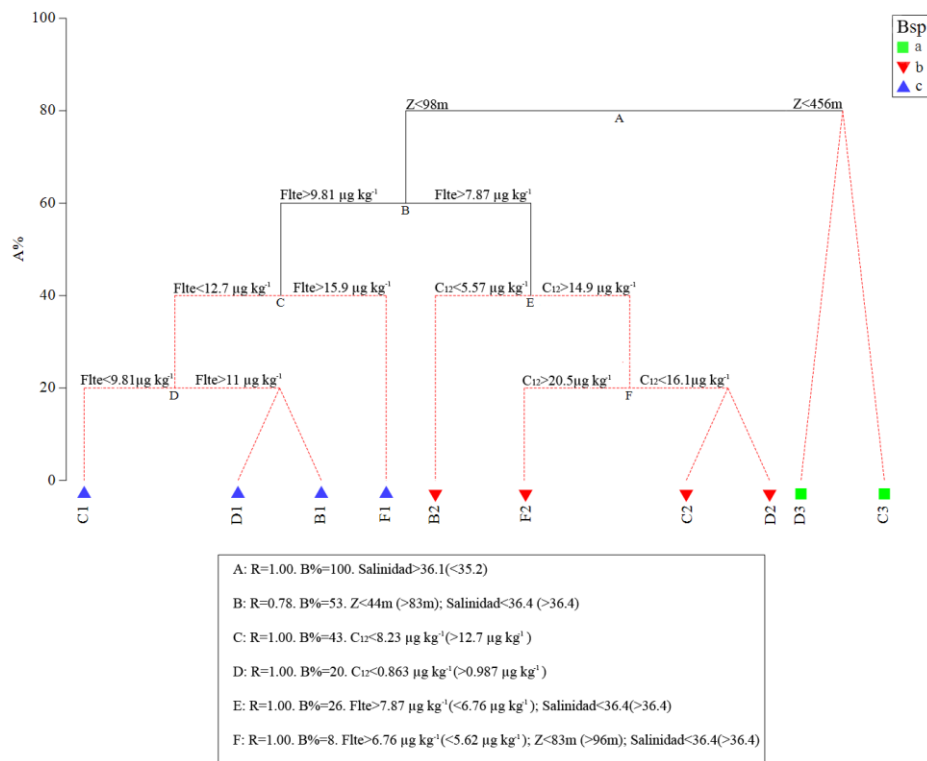


Figura 3.36. Prueba LINKTREE realizada a partir de la biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII).

En conjunto la profundidad y la salinidad conformaron el gradiente ambiental que separó las estaciones de plataforma y la zona profunda (A: R=1.00; B%=100; Figura 3.36); mientras que diferencias en la concentración del fluoranteno fueron responsables de la separación de la zona de costera e intermedia, indicando una mayor interacción entre la fauna de las estaciones menos profundas y los aportes continentales (B: R=0.78; B%=53; Flte >9.81 μg kg⁻¹, Z < 44m, S < 36.4; Figura 3.36).

A pesar de no generar diferencias estructurales, el fluoranteno y *n*-C₁₂ separaron las estaciones de la zona costera (C: R=1.00; B%=43; Flte >15.9 µg kg⁻¹, C12 < 12.7 µg kg⁻¹; D: R=1.00; B%=20; Flte < 9.81 µg kg⁻¹, C12 < 0.863 µg kg⁻¹; Figura 3.36). En las estaciones intermedias se observó un patrón similar al de la zona costera, donde el *n*-C₁₂ presentó mayor influencia sobre la bio variable más importante del numeroso conjunto de variables responsables de la separación de dicha área (Flte > 7.87 µg kg⁻¹, S < 36.4, C12 < 5.57 µg kg⁻¹; E: R=1.00; B%=26; Figura 3.36).

En el crucero PIII la profundidad, el OD, el níquel y el *n*-C₃₇, fueron las variables que más influenciaron la biomasa de la comunidad de acuerdo a la evidencia aportada por la prueba BIOENV (ρ=0.750 y ρ=0.729); siendo este el patrón registrado en términos de biomasa, presentando incluso los mismos valores umbral (Figura 3.29 y 3.37).

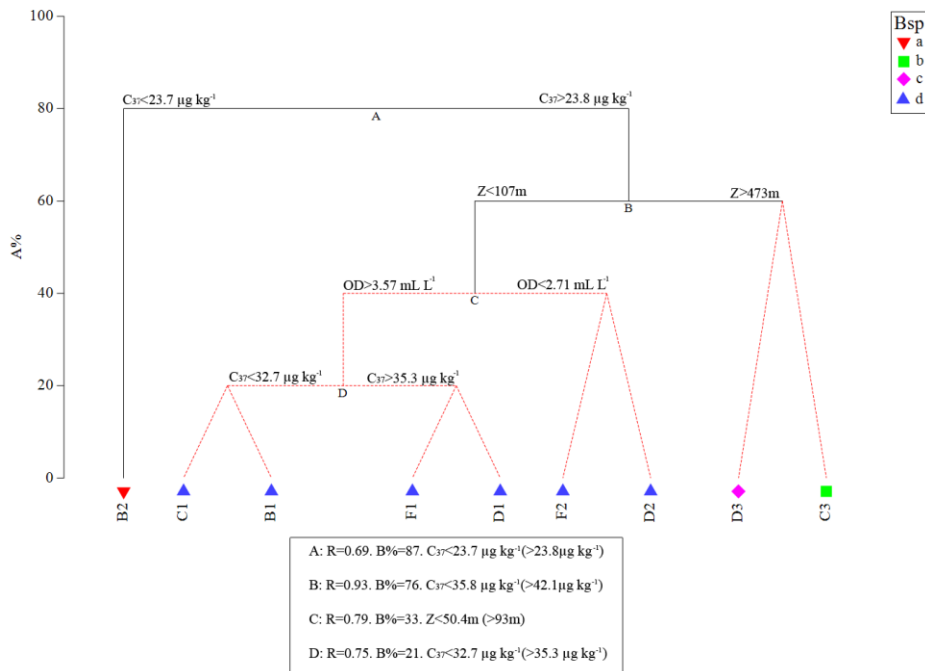


Figura 3.37. Prueba LINKTREE realizada a partir de la biomasa de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII).

3.3.13 Diferencias estructurales temporales en los márgenes continentales y mar profundo del Cinturón Plegado Perdido (CPP)

Las evaluaciones realizadas en los cruceros PII y PIII, permitieron identificar 33 especies permanentes en el CPP. El 51% de dicho grupo estuvo compuesto por crustáceos, mientras que los equinodermos representaron el 27%, los moluscos 18% y los cnidarios solo el 3% (Tabla 3.11).

Tabla 3.12. Especies comunes de los márgenes externos del CPP. Se presenta el phylum, la especie, el rango de distribución geográfica por crucero, los valores de abundancia total (10^3 ind km^{-2}) y los valores de biomasa total (kg AFDW km^{-2}).

Phylum	Especie	FPII	FPIII	APII	APIII	BPII	BPIII
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	3	3	0.21	0.34	0.98	0.35
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	5	4	4.20	3.76	8.48	1.78
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	1	2	0.22	0.10	0.26	0.13
Arthropoda	<i>Anasimus latus</i>	5	3	0.68	0.42	3.41	0.22
Arthropoda	<i>Calappa sulcata</i>	4	1	0.60	0.10	14.60	0.23
Arthropoda	<i>Callinectes sapidus</i>	5	4	57.00	4.60	192.26	16.89
Arthropoda	<i>Cancellus ornatus</i>	3	1	3.50	0.26	8.63	0.99
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	1	1	0.06	0.04	4.44	1.42
Arthropoda	<i>Nephropsis aculeata</i>	2	1	0.60	0.85	0.79	1.34
Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	8	6	9.30	15.81	42.53	56.52
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	2	2	0.45	6.16	1.50	14.94
Arthropoda	<i>Raninoides laevis</i>	6	4	5.50	1.74	8.44	1.94
Arthropoda	<i>Rochinia tanneri</i>	1	1	0.10	0.06	0.26	0.06
Arthropoda	<i>Sicyonia brevirostris</i>	4	1	0.83	1.00	1.91	0.22
Arthropoda	<i>Sicyonia typica</i>	1	1	0.40	0.05	1.47	0.04
Arthropoda	<i>Solenocera atlantidis</i>	3	3	0.46	2.36	1.06	0.56
Arthropoda	<i>Squilla empusa</i>	5	4	1.00	2.39	1.94	1.65
Cnidaria	<i>Pennaria disticha</i>	2	1	0.28	0.10	0.13	0.08
Echinodermata	<i>Amphiophiura oedignatha</i>	1	2	0.26	0.15	4.63	0.05
Echinodermata	<i>Araeosoma belli</i>	1	1	0.20	0.98	0.20	0.45
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	6	5	59.00	48.60	54.19	35.59
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	5	4	12.00	25.72	1.74	4.33
Echinodermata	<i>Bathylotes natans</i>	1	1	0.12	0.06	0.04	0.43
Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	2	1	0.14	0.05	2.50	0.54
Echinodermata	<i>Molpadia cubana</i>	1	1	0.20	0.06	0.25	0.02
Echinodermata	<i>Molpadia musculus</i>	1	1	0.20	0.04	1.41	0.08
Echinodermata	<i>Pseudostichopus occultatus</i>	1	5	0.06	1.03	0.75	1.93
Mollusca	<i>Anomia simplex</i>	1	1	0.05	0.15	0.01	0.01
Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	5	3	2.30	1.37	3.00	1.06
Mollusca	<i>Mercenaria campechiensis</i>	4	4	5.20	5.79	7.41	0.92
Mollusca	<i>Polystira tellea</i>	3	4	2.70	0.72	7.69	0.40
Mollusca	<i>Propeamussium dalli</i>	2	1	0.44	0.12	0.35	0.05
Mollusca	<i>Psammotreta brevifrons</i>	2	3	0.37	0.70	0.05	0.08

La especie *P. aztecus* presentó el mayor rango de distribución en los dos cruceros, siendo constante en el crucero PII y común durante el crucero PIII, mientras que *A. cingulatus* fue una especie común en los dos cruceros. Las especies comunes representaron el 24% de la fauna del crucero PII y el 9% en evaluación realizada en el PIII. Las especies raras representaron el 18% y 9% del total de

especies de las dos evaluaciones (PII y PIII, respectivamente), mientras que las especies muy raras representaron el 33% y 45% de la fauna de los cruceros PII y PIII, respectivamente (Tabla 3.11).

Al interior del conjunto de las especies permanentes del CPP, entre el 27% al 30% de ellas, hicieron parte de las especies más abundantes de las dos evaluaciones (9 especies de PII y 10 de PIII), de las cuales *C. sapidus*, *A. cingulatus* y *A. duplicatus* fueron las especies más importantes, las cuales aportaron entre el 34% a 5.8% de la abundancia total. Por otro lado, *C. sapidus*, *P. aztecus*, *A. cingulatus* aportaron entre el 45% y 10% de la biomasa en el área en los dos cruceros; siendo el conjunto de especies permanentes del crucero PIII el 90% de las especies con mayor contribución a la biomasa (Tabla 3.11).

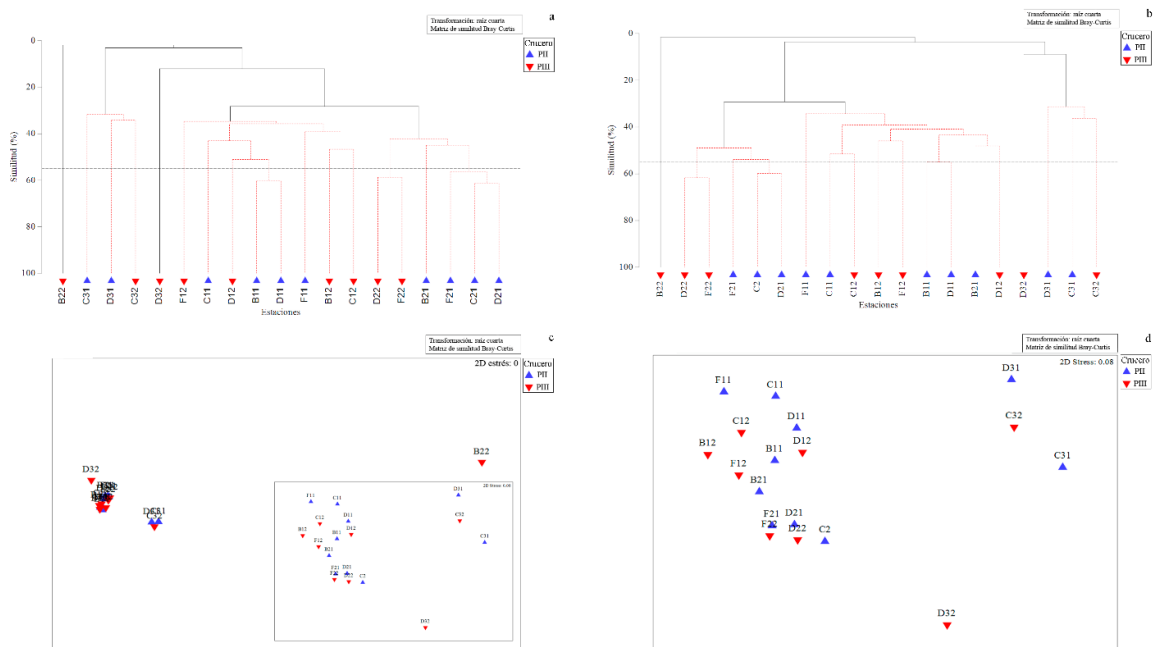


Figura 3.38. Análisis de clasificación cluster y de ordenación nMDS, realizados a partir de los valores de abundancia (a, c) y biomasa (b, d) de la megafauna bentónica evaluada durante los cruceros Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).

En la fauna permanente del CPP A través de la prueba SIMPROF no se presentaron diferencias estructurales temporales en términos de abundancia y biomasa (Figuras 3.38a-d). En términos de abundancia las estaciones B2 y D3 del crucero PIII fueron identificadas como singletons, mientras que el resto de las estaciones conformaron tres (3) grupos. El primero conformado por las estaciones restantes de la zona profunda (C3 y D3 del PII y C3 del PIII), el segundo agrupó todas las estaciones ubicadas en la zona costera; mientras que el tercero estuvo compuesto por las estaciones intermedias (Figuras 3.38a, c).

En términos de biomasa, no hubo presencia de estaciones asiladas y aunque fue clara la ausencia de diferencias estructurales entre evaluaciones, la estación B2 evaluada durante el crucero PII, se distribuyó al interior del grupo de las estaciones costeras (Figuras 3.38b, d).

La prueba PERMANOVA de una vía permitió confirmar la ausencia de diferencias estructurales temporales en términos de abundancia y biomasa (Asp, $S=110$, $PseudoF=0.81$, $mcp=0.567$; Bsp, $S=110$, $PseudoF=0.90$, $mcp=0.482$; Figuras 50 a-d). La prueba no paramétrica de Mann-Whitney permitió establecer la ausencia de diferencias en el rango de distribución de las especies permanentes (RDG) y su abundancia (N); mientras que en términos de biomasa (AFDW) la misma aportó evidencia de la presencia de dichas diferencias (RD: $W=627$, $p=0.27$; N: $W=586$, $p=0.60$; AFDW: $W=722.5$, $p=0.02$).

3.4 Discusión

3.4.1 Aspectos generales de las comunidades megabentónicas evaluadas

Una característica marcada en las evaluaciones realizadas en las dos áreas de estudio fue la elevada abundancia que presentaron los crustáceos, lo cual sigue el patrón reportado para otras áreas del GoM (Pequegnat et al. 1990, Escobar-Briones & Soto 1997, Rowe & Kennicutt 2002, 2009); sin que sea el único patrón registrado para comunidades megabentónicas, dado que la importancia de los equinodermos en términos de abundancia registrada en el CPP (PII= $80.26 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; PIII= $81.83 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , Tabla 3.2), ha sido reportada para el norte del GoM por Rowe & Kennicutt (2009), la costa Atlántica brasileña por Pires-Vanin (2001) y la zona este del Mar Mediterráneo por Lakhrech et al. (2012).

Las abundancias relativas observadas por grupos no concuerdan con los niveles de vulnerabilidad aportados por de Juan et al. (2009), de Juan & Demestre (2012) y Jørgensen et al. (2016), ya que los autores reportan a los moluscos como un grupo con la capacidad de evitar la red de arrastre, al igual que los crustáceos; sin embargo, fueron estos grupos taxonómicos los mejor representados en las áreas evaluadas, mientras que los poríferos, briozoos y cnidarios que presentan niveles elevados de vulnerabilidad exhibieron valores relativos intermedios a bajos (Anexo capítulo III, Figuras 9.1a-b, 9.2a-b); lo cual es atribuido a la heterogeneidad del suelo y cambio en las

trayectorias de los transectos evaluados en cada estación; lo cual explicaría el aumento en los valores tanto de abundancia como de biomasa observados entre los cruceros GIV y GV.

El patrón observado en los MEPY fue diferente al reportado para el GoM debido a la abundancia exhibida por los moluscos (Tabla 3.2), siendo el segundo grupo más importante en términos de abundancia ($GIV=88.89 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, $GV=481.37 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), exhibiendo junto a los crustáceos el patrón de abundancia de organismos típicos de zonas de plataforma continental (Stull et al. 2001); aunque los valores registrados en los MEPY e incluso en el CPP, fueron inferiores a los reportados en evaluaciones de malacofauna epibentónica realizados en otras áreas (Linse 1999, Mutlu & Ergev 2012).

Los valores de densidad de organismos fluctuaron dentro del rango reportado para el GoM por Pequegnat et al., (1990; $626.70 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ valor convertido de ha a km^{-2}) y Rowe & Kennicutt (2009; entre $0.19 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $708 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), manteniéndose en el límite inferior de los valores de abundancia total de los cuatro cruceros oceanográficos GIV, PII y PII ($12.65 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 228.06 \cdot 10^3$); mientras que la abundancia del crucero GV fue superior al reportado por los autores anteriormente mencionados ($GV=1,366 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$). Las diferencias entre evaluaciones fueron atribuidas a la complejidad fisicoquímica del suelo marino y la presencia de variaciones estacionales que influyen el reclutamiento de organismos en los MEPY (Rios-Lara et al. 2004); a su vez, los valores de abundancia reportados en la presente evaluación fueron mayores que los reportados para el Atlántico norte (Thurston et al. 1998; $1.0 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 7.2 \cdot 10^3$) y menores a los reportados en latitudes altas ($3.0 \cdot 10^6 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 340 \cdot 10^6$; Piepenburg 1996, Jones et al. 2007d, Bluhm et al. 2009), indicando una mayor heterogeneidad, presencia de abundantes fuentes de carbono y ausencia de presión pesquera o debida a la explotación de hidrocarburos en dichas áreas (Feder et al. 1994, Hinojosa-Ochoa 2018), aunque en áreas con regulación pesquera es factible que se registren valores elevados de abundancia (Guyonnet et al. 2008, $46.1 \cdot 10^6 \text{ ind km}^{-2}$).

En cuanto a los valores de biomasa registrados durante los 4 cruceros, se pudo observar la presumible ausencia de un efecto marcado de la red de arrastre en los MEPY, debido al aumento en los valores de biomasa total y la presentada por moluscos, poríferos, briozoos, equinodermos y cnidarios ($GI=41.08 \text{ kg AFDW}$, $GV=457.09 \text{ kg AFDW km}^{-2}$; Figuras 3.6 y 3.10), contradiciendo reporte de reducción en los valores de biomasa y diferencias entre evaluaciones, como uno de los

principales efectos ocasionados por las redes en ambientes de fondos blandos y duros (Revill & Jennings 2005, Degen et al. 2016, Jørgensen et al. 2016). Sin embargo, la tendencia de aumento en los valores de biomasa se atribuye a la variación en las condiciones ambientales relacionadas con la dinámica climática del GoM, que afecta a los MEPY y que fueron detectados en las diferencias en los valores de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto expuestos en el capítulo anterior (Mann-Whitney, $Z_{temp}=2.58$ $p<0.01$; $Z_{sal}=2.69$ $p<0.01$; $Z_{oxy}=-8.16$ $p<0.001$); a su vez, es importante tener en cuenta el carácter estacional de los vientos en la PCPY expuesto por Rios-Lara et al. (2004), los cuales influyen en el reclutamiento de especies megabentónicas (e.g. *Panulirus argus*, *Penaeus duorarum*), sumado a diferencias en la disposición de las estaciones, producto de los retos metodológicos propios de los muestreos en ambientes dinámicos como los MEPY.

En el CPP se observó una disminución de los atributos comunitarios evaluados en este capítulo, siendo atribuida a variaciones estacionales evidentes en términos de clorofila y los porcentajes de limos y arenas (Mann-Whitney, $Z_{chla}=2.93$ $p=0.003$; $Z_{silt}=3.39$ $p=0.000$; $Z_{sand}=-2.25$ $p=0.024$), sumado a la actividad pesquera enfocada en las especies *P. aztecus*, *P. duorarum* y en menor medida en *C. sapidus*, *C. rathbunae*, *C. bocourti*, *C. similis*, *C. danae*, *C. ornatus* (Gray et al. 2006, Hinojosa-Ochoa 2018); siendo la pesca con redes de arrastre de fondo una de las actividades económicas responsable de las diferencias temporales en los valores de biomasa (Revill & Jennings 2005; Degen et al. (2016); Jørgensen et al. 2016).

3.4.2 Esfuerzo muestral

Las curvas de acumulación de especies junto con el estimador asintótico de MM, permitieron establecer un rango de esfuerzo muestral entre 53% y 83% (Figuras 4.1b, 3.2a-b, 3.3a-b), siendo los valores entre el 75% y 83% producto de la fluctuación del promedio de los estimadores no paramétricos y MM (Figuras 4.1b, 3.2a-b, 3.3a-b); lo cual permite establecer un bajo esfuerzo muestral para los cuatro cruceros, teniendo en cuenta que se ha establecido un valor del 80%, como el límite inferior de un buen esfuerzo muestral (Thompson et al. 2007, Koblitz et al. 2017).

Sin embargo, los porcentajes obtenidos se encuentran dentro del rango reportado para comunidades megabentónicas, que fluctúa entre 41% y 70% (Türkay 1996, Danovaro et al. 2010, Roy et al. 2015), indicando que las características generales de distribución y riqueza, siguió el

patrón general reportado comunidades megabentónicas, siendo el método utilizado para estimar dicho esfuerzo robusto y práctico para evaluación de grupos hiperdiversos (Gotelli et al. 2009, Colwell et al. 2014).

A su vez, los valores de esfuerzo muestral son atribuidos a la variabilidad intrínseca de la megafauna bentónica, la elevada presencia de especies raras, distribuciones agregadas y elevada complejidad estructural del suelo marino; lo cual fue evidenciado en la baja tasa de crecimiento de las curvas observadas y ausencia de asíntota (Kuipers et al. 1981, Lampitt et al. 1986, Gimaret-Carpentier et al. 1998, Bluhm et al. 2009, Piepenburg et al. 2011).

En este punto cabe aclarar que la heterogeneidad del suelo marino contribuye a la subestimación de especies cripticas que evaden a la red de arrastre, la cual puede sufrir desperfectos no apreciables durante las maniobras de arrastre aumentando dicho sesgo (Uzmann et al. 1977, Ayma et al. 2016); siendo necesario también tener en cuenta que el presente estudio al igual que la mayoría (por no decir todas) las evaluaciones de comunidades megabentónicas, carece del proceso de evaluación de estimadores, que requiere el conteo de todas las especies presentes en el área evaluada, a fin de obtener el valor de riqueza verdadera (Chiarucci et al. 2003, López-Gómez & Williams-Linera 2006).

Los factores anteriormente mencionados indican la necesidad de incrementar el inventario de especies de las áreas evaluadas, aumentando el número de estaciones (sobre todo en el CPP); disponiendo al menos cuatro estaciones en la zona costera (50 m, 100 m, 150 m y 200 m), contar con al menos tres en la zona profunda (300 m, 500 m y 1000 m) y continuar utilizando el mismo dispositivo de muestreo. Esta disposición de estaciones podría aumentar el efecto crónico ocasionado por el uso de la red de arrastre (Ward et al. 2006, Pusceddu et al. 2014, Yesson et al. 2017), factor que no debería estar interfiriendo en la presente evaluación dada la distancia entre estaciones; sin embargo, disminuiría la incertidumbre persistente en las evaluaciones de comunidades bentónicas, ocasionada por la extensión del ambiente bentónico (Chiarucci et al. 2003, van Son et al. 2016).

3.4.3 Especies más importantes

Todas las especies permanentes registradas en la presente evaluación han sido reportadas en estudios anteriores realizados en el GoM, siendo *A. spinicarpus*, *A. latus*, *A. duplicatus*, *E. papyracea*, *S. brevirostris* y *S. típica* las especies capturadas en la presente investigación que exhiben el mayor rango de distribución, debido a ser reportadas para todo el GoM (Felder et al. 2009, Pawson et al. 2009, Turgeon et al. 2009). Una característica exhibida por la fauna que presentó elevados valores de abundancia, fue su bajo rango de distribución y la escasa presencia de especies con importancia económica (*P. setiferus* y *C. sapidus*; Hinojosa-Ochoa 2018).

Las especies *P. setiferus*, *A. spinicarpus*, *L. clathrata* y *H. pudibundus* no habían sido reportadas en la PCPY, área en la cual *C. sulcata* solo había sido reportada en el sector oeste de la PCPY (Felder et al. 2009, Turgeon et al. 2009); patrón de distribución que mantuvo en el presente estudio, siendo el aumento en la profundidad y por tanto distancia a la costa las diferencias exhibidas por la especie entre evaluaciones (Gomex IV=39m y Gomex V=89m).

En el caso del CPP, las evaluaciones previas al presente estudio no reportaron las especies *A. intermedia* y *H. pudibundus*, mientras que la especie *C. sulcata* no había sido reportada para la zona sur de dicha área (Felder et al. 2009); siendo esta información evidencia de un aumento en la amplitud de los rangos de distribución de dichas especies al interior del GoM.

La especie más abundante del presente estudio (*P. iridescens*), presentó un rango de distribución más amplio al reportado por Felder et al. (2009), quienes la ubican en la zona noreste del GoM (área estadounidense del GoM), siendo Banco Chinchorro el área más próxima al área evaluada, con reportes previos de esta especie (Escobar-Briones et al. 2003). Este patrón de distribución es atribuido al aspecto sedentario de *P. iridescens*, que suele estar asociada a otros invertebrados sésiles y motiles (Criales 1984, Wendt et al. 1985, de Grave et al. 2008, Martínez-Mayén & Román-Contreras 2009) y ser uno de los ítems alimenticios de especies de importancia comerciales como *Ocyurus chrysurus* (Rincón-Sandoval et al. 2009), la cual es explotada en MEPY por la flota mayor en áreas aledañas a los lugares evaluados (Trimm & Hayes 2008). También es posible establecer una mayor importancia de las especies de los MEPY en términos de abundancia; dados los valores observados de la fauna capturada en los cruceros GIV y GV (Figura 3.5a), siendo *A.*

spinicarpus, *A. intermedia*, *A. duplicatus* y *P. setiferus* las especies más frecuentes y abundantes de la presente investigación (Figuras 3.4 y 3.5a).

En términos de biomasa, *C. sapidus*, *P. argus*, *P. aztecus*, *P. setiferus* fueron las especies con mayores contribuciones y explotadas comercialmente (Hinojosa-Ochoa 2018), mientras que las 21 especies restantes presentan importancia ecológica, al ser parte activa de la trama trófica, aumentar la heterogeneidad estructural de las áreas evaluadas (Figura 3.5b, e.g. *I. strobilina*; González-Gándara et al. 2009).

Los valores de biomasa de *C. sapidus* son congruentes para la parte mexicana del GoM, dados los patrones de migración de *C. sapidus* entre la zona de plataforma y las lagunas costeras del estado de Tamaulipas y las ubicadas en áreas aledañas, donde es explotada comercialmente alcanzando valores de captura total anual de 2,733 toneladas al año (Armstrong et al. 1987, Rodríguez-Castro et al. 2017), valor que corresponde al 0.007% del total reportado en las dos campañas del CPP. Entre tanto, los valores registrados de *P. argus*, permiten inferir que los organismos colectados en el crucero GIV, migraron en su etapa juvenil desde el Caribe (Rios-Lara et al. 2004, Briones-Fourzán et al. 2008); reclutándose al margen interior de la PCPY, donde la especie es explotada comercialmente (Gracia & Kensler 1980).

3.4.4 Abundancia y estructura comunitaria de la Plataforma Continental de Yucatán

Una característica de la fauna capturada en los MEPY fue la elevada abundancia de crustáceos, seguidos por moluscos y equinodermos, atribuida a la diferencia en la heterogeneidad estructural entre sectores, siendo este un patrón consistente al reportado en otras áreas del GoM (Pequegnat et al. 1990, Escobar-Briones & Soto 1997, Rowe & Kennicutt 2002, 2009); patrón se mantuvo a pesar de las diferencias marcadas en los valores de abundancia entre sectores, reflejado en los valores de abundancia grupos GA y GB de la primera campaña (GIV) y el cambio marcado en la distribución de la megafauna registrado en la segunda (GV; Figura 3.6). Este patrón se ve influenciado por el aumento de la profundidad (Haedrich et al. 1980); sin embargo, esto no fue evidente en el presente estudio, lo cual es atribuido al rango batimétrico comprendido en los muestreos de los cruceros GIV y GV (Z<201m).

El patrón de zonación de la megafauna de los MEPY solo pudo ser evaluada de manera confiable en las estaciones de los extremos, debido las áreas que presentaron tres estaciones ubicadas en diferentes profundidades (Figura 3.6a). El patrón observado en el sector oeste siguiendo una tendencia cuadrática de la abundancia, exhibiendo valores elevados en las estaciones de los extremos (A3 y A5) y el más bajo en la estación del centro (A4), el cual no ha sido reportado en otras evaluaciones de megafauna bentónica y el cual podría ser efecto de la irregularidad del suelo de los MEPY ya que la estación A4 fue la zona con menor profundidad (31m).

La zonación observada en las estaciones P78, P79 y P80 fue similar al patrón exhibido por comunidades de equinodermos (Ramos et al. 2017); sin embargo, la tendencia observada fue resultado de la presencia de *S. empusa*, especie más abundante de la estación P80 ($7.7 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$) y que presentó mayor abundancia a la reportada por May-Kú et al. (2016) en la Sonda de Campeche ($0.04 \pm 0.2 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.2 \pm 0.4 \cdot 10^3$). La especie *A. spinicarpus* capturada en la estación P80, exhibió valores de abundancia dentro del rango reportado para el GoM ($0.3 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 52.8 \cdot 10^3$; Ruiz 2008); mientras que la abundancia de *A. spinimanus* capturada en la estación P79, fue inferior a la reportada para la especie ($0.6 \cdot 10^{-4} \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.3 \cdot 10^3$; Ruiz 2008).

Los valores de abundancia de crustáceos registrados durante el crucero GIV, fueron superiores a los reportados por Ruiz et al. (2013), para la zona terrígena ubicada al norte de la Laguna de Términos en la Bahía de Campeche ($752.4 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$) y mayores a los reportados por Escobar-Briones et al. (2008), para la zona oeste del Banco de Campeche y la plataforma continental del estado de Veracruz ($0.002 \pm 0.002 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.042 \pm 0.009$; Figura 3.6b). Este grupo exhibió tendencias antagónicas en los transectos A y P, presentando una relación inversa entre la abundancia y la profundidad en el transecto A, mientras que en el transecto P la relación fue directa, debido a la presencia de *S. empusa*, *A. spinicarpus* y *A. spinimanus* comentada anteriormente.

La presencia y elevada abundancia de *A. spinicarpus* siguió el patrón reportado para la especie en otras áreas del GoM ($0.3 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 52.8 \cdot 10^3$; Vazquez-Bader 1996, Escobar-Briones et al. 2008, Ruiz 2008, Ruiz et al. 2013), mientras que los valores de *A. spinimanus* fueron mayores a los reportados en el suroeste del GoM ($0.6 \cdot 10^{-4} \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.3 \cdot 10^3$; Ruiz 2008). A su vez, la importancia exhibida por *P. setiferus* fue congruente con los reportes de la especie en la zona norte

del GoM, donde han sido reportadas abundancias superiores a las registradas en el área evaluada ($35 \cdot 10^6$ ind km⁻²; Zimmerman & Minello 1984) y el suroeste del GoM ($0.3 \cdot 10^3$ ind km⁻²; Ruiz 2008); mientras que la abundancia de *S. empusa* registrada durante el GV fue mayor a la reportada para la Sonda de Campeche ($0.04 \pm 0.2 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.2 \pm 0.4 \cdot 10^3$; May-Kú et al. 2016).

La especie *T. radula* es reportada por primera vez en los MEPY y probablemente en el GoM, debido a su carácter sedentario y suspensívoro, el responsable de la distribución restringida en el presente estudio (GIV estación A5 y GV estación I43; Allmon 2007); patrón contrario al observado en *Globivenus rígida*, la cual es típica de arrecifes rocosos (Camp et al. 1998), siendo la estructura kárstica de los suelos MEPY similar a dicho ambiente, ha sido reportada para todo el GoM y capturada dentro del rango batimétrico reportado para la especie ($0.3\text{m} \leq Z \leq 100\text{m}$; Turgeon et al. 2009). La especie *Spondylus tenuis* exhibió una distribución restringida dentro de su amplio rango batimétrico (de 0m a 400m; Pascal et al. 2017). Por otra parte, la ausencia de las especies *Octopus maya*, *Isognomon alatus*, *Purpura patula* permite establecer distribuciones restringidas de las especies endémicas de la PCPY (González et al. 2000; Arreguín-sánchez 2015).

Los equinodermos exhibieron un valor de abundancia promedio en el sector oeste superior al reportado para dicha área por Vázquez-Bader et al. (2008; $\sim 5 \cdot 10^3$ ind km⁻²; Figura 3.6d); aunque los valores reportados por los autores en las isóbatas de 16m y 18m que fluctuaron entre $48.3 \cdot 10^3$ ind km⁻² y $56.9 \cdot 10^3$ ind km⁻², superando los registrados por el grupo durante el GIV (Tabla 3.2). Este grupo presentó valores elevados en las estaciones intermedias y bajos en los extremos, siendo esto reportado comunidades de bivalvos y decápodos (Ramos et al. 2017, Villalobos-Rojas et al. 2017); lo cual fue producto de las contribuciones a la abundancia por parte de *C. ravenelii* en la estación A4, la cual es una especie permanente en el GoM según Vázquez-Bader et al. (2008), mientras que el sedimentívoro *T. halperni* presentó la mayor contribución a la abundancia en la estación P79.

En términos de especies importantes de equinodermos, las registradas en los sectores central y este de los MEPY (*Acanthaster* sp y *Tripneustes ventricosus*), no fueron reportados por Vázquez-Bader et al. (2008), siendo esto evidencia de distribuciones restringidas al interior de los MEPY y de la PCPY; lo cual es confirmado para *T. ventricosus* por Pawson et al. (2009), quienes reportan la especie en el sector este y central de la PCPY. La especie *Clypeaster ravenelii* al presentar una

amplio rango de distribución geográfico, siguió el patrón reportado por Pawson et al. (2009) y Vázquez-Bader et al. (2008), quienes la reportan para todo el GoM y como especie permanente del Banco de Campeche, respectivamente.

La distribución geográfica de la abundancia de los poríferos es un fuerte indicador de la hidrodinámica del área evaluada, ya que dependen de tasas de sedimentación que les permita prosperar (Carballo et al. 1994, Torruco et al. 1997), la cual debe presentarse en el sector oeste de los MEPY (Figura 3.6e). La especie *Haliclona tubifera* es reportada en el Caribe mexicano, el sureste y parte norte del GoM, siendo su captura durante el crucero GIV evidencia de un rango de distribución más amplio al reportado para la especie (Maas 2004, Rützler et al. 2009), mientras que *Mycale laxissima* ha sido reportada para la PCPY y *Diplastrella megastellata* es una especie incrustante que presenta escasos registros en el este y centro del Mar Caribe y las Antillas Mayores (Hechtel 1965, Cortés 2003, Pérez et al. 2017).

Los briozoos presentaron bajas abundancias, distribuciones restringidas y no están reportados para la PCPY o zona sur del GoM. Los miembros del género *Membraporina* son reportados como especies epibentónica invasoras que se benefician de temperaturas cálidas (Denley et al. 2019), las cuales se presentan en la PCPY, siendo más elevados los valores observados en el sector oeste de la PCPY, área donde fueron capturados representantes del género (Figura 3.6g), los cuales al igual que los representantes del género *Alcyonidium* solo han sido reportados para el norte del GoM (Winston & Maturo 2009).

En el caso de los cnidarios, el carácter generalista de *Caryophyllia* sp al ser reportada para todo el GoM (Calder & Cairns 2009), permite establecer que en términos de abundancia y distribución siguió el patrón general de la megafauna bentónica del área evaluada, al igual que las especies más abundantes en el centro a excepción de *Ralpharia gorgoniae*, siendo parte de la fauna sésil típica de los MEPY (Calder & Cairns 2009); tendencia contraria a la observada por *Phymanthus crucifer*, quien exhibió un patrón distribución más amplio al reportado para la PCPY (Calder & Cairns 2009), presentado su valor más alto de abundancia en el sector central e influenciado el valor del grupo en la estación G34 (Figura 3.6f). Por su parte, los anélidos exhibieron el patrón de distribución típico reportado para la PCPY a nivel de género (Fauchald et al. 2009), mientras que los valores de abundancia registrados pueden atribuirse a la selectividad de la red de arrastre y

presencia de especies autógenas en el sector oeste (Fauchald et al. 2009, de Juan & Demestre 2012).

Las especies *Achelous spinicarpus*, *Phymanthus crucifer*, *Comactina echinoptera*, *Achelous spinimanus*, *Panaeus setiferus* y *Squilla empusa* exhibieron el patrón típico de distribución reportado en estudios anteriores (Vazquez-Bader 1996, Escobar-Briones et al. 2008, Vázquez-Bader et al. 2008, Ruiz et al. 2013), siendo la presencia de *A. spinicarpus* en las estaciones G34 e I43 y la distribución de *Phymanthus crucifer* en las estaciones centrales y del oeste de los MEPY, evidencia de rangos de distribución geográfica más amplios a los reportados para dichas especies (Fautin & Daly 2009, Felder et al. 2009).

La ausencia de diferencias entre sectores es atribuida a la elevada complejidad estructural a nivel de estación, que favorece la presencia de diferencias más grandes al interior de los grupos que entre los mismos (Clarke et al. 2014), que en los MEPY responde a los diferentes tipos ecosistemas que se presentan de manera irregular (e.g. fondos blandos, praderas, corales; García 1980).

En esta área la presencia de especies sésiles o sedentarias permiten establecer condiciones óptimas para su desarrollo, mientras que la presencia de especies motiles, hace evidente la selección del hábitat (Ward & Young 2007); lo cual podría indicar migraciones al interior del margen continental y entre estaciones, originando la formación de grupos debido al aumento de similitud. Lo cual fue una tendencia restringida para las estaciones M63, A5 y P80, dadas las diferencias multi-estructurales evidenciadas a través de la prueba SIMPROF (Clarke et al. 2014, Clarke & Gorley 2015; Figuras 3.8a-b).

La formación del grupo *b* fue ocasionada por la presencia de las especies *C. echinoptera* filtrador sésil y *C. ravenelii* motil herbívoro (Meyer 1973, Telford et al. 1987), las cuales exhibieron valores elevados de abundancia y rangos de distribución casi restringidos a las estaciones que conformaron dicho grupo (Figuras 3.8a-b; Anexo capítulo III, Tabla 9.12). Las fuentes de disimilitud en el grupo *b*, resultaron de la ausencia de especies de poríferos presentes en el grupo que no se capturaron en las estaciones A3 y B8, junto a la ausencia de especies del grupo *c* (Tabla 3.3), la escasa cantidad de especies compartidas con los grupos *e* (estaciones I43 y L59), *d* (estación P80) y la estación M63.

En el grupo *c* (estación A5), las principales fuentes de disimilitud resultaron de la ausencia de especies del grupo *f*, junto a la escasa presencia de especies compartidas con los grupos *e*, *a* y *d*. En el grupo *d* (P80) no fueron observadas especies presentes en el resto de las estaciones, favoreciendo la presencia de valores elevados de la razón Diss/SD en especies como *T. radula*, *L. guildingi*, *A. peircei*, *G. neptuni*, *R. gorgoniae* y *A. fistularis*, junto a elevados valores de disimilitud en *S. empusa*, *A. spinicarpus* y *A. spinimanus*.

El patrón anteriormente descrito se registró en el grupo *f*, que presentó mayor número de especies que la estación M63, siendo las especies *A. fistularis* y *G. neptuni* las que presentaron elevados valores de la razón Diss/SD; mientras que en la estación M63 la ausencia de *A. spinicarpus*, *R. gorgoniae*, *L. guildingi*, *C. podatypa* propicio valores elevados de dicha razón; siendo estos valores observados en especies particulares de sus respectivos grupos y dominantes en términos de abundancia, permitiendo identificar cada grupo claramente (Warton et al. 2012, Clarke et al. 2014, Pilditch et al. 2015).

Los patrones de disimilitud registrados durante el crucero GIV, son evidencia de la marcada heterogeneidad de hábitat presente en los MEPY, dando como resultado diferencias marcadas en la distribución de los valores de abundancia y composición de especies; lo cual fue evidente durante el crucero GV, en el cual fue posible reconocer la contribución del sustrato biogénico a los elevados valores de abundancia de las especies megafaunales (Hughes 1984, Morgado & Tanaka 2001), sumado a la presencia de un total de 80 especies sésiles distribuidas entre cnidarios, briozoos y poríferos (especies autogénicas), responsables de aumentar la complejidad estructural del suelo marino (Bouma et al. 2009b, Chaalali et al. 2016).

Una de las especies más con mayor rango de distribución fue *Schizoporella* sp que no fue tomada en cuenta dentro de los análisis por el conteo individual de sus zooides, al presentar crecimiento arbóreo erecto (Pratt 2008), cuenta con la capacidad de aumentar la complejidad estructural del hábitat de las once estaciones donde fue capturada (Figura 3.9); a su vez, es plausible que haya presentado una menor fragmentación, producto del uso de la red de arrastre como dispositivo de muestro, siendo este el principal factor que genera la subestimación de dichas especies (Asch & Collie 2008, Jørgensen et al. 2016).

Durante el crucero GV se registró en el conjunto de estaciones A, valores elevados en los extremos (A3 y A5) y el más bajo en la estación A4, lo cual podría responder a las diferencias exhibidas en la concentración de fuentes de $n\text{-C}_{16}$, $n\text{-C}_{37}$, $n\text{-C}_{40}$; indicando diferencias en la calidad del alimento entre estaciones e influenciado la presencia de poríferos y otras especies autogénicas que fueron más numerosas en las estaciones A3 y A4 (Figuras 3.6a, e-g). En las estaciones P78, P79 y P80 se registraron valores bajos en los extremos y el más alto en la estación intermedio (P79), patrón reportado por Pequegnat et al. (1990a), para la abundancia de comunidades bentónicas del este del GoM registradas en primavera, siendo determinante la presencia de especies autogénicas (Figuras 3.6a, e-g).

Los valores de abundancia de los crustáceos fueron influenciados por la presencia de *Periclimenes iridescens*, especie que se asocia con poríferos en áreas del atlántico oeste (de Grave 2009); sin embargo, su valor de abundancia más elevado fue registrado en ausencia de dichos organismos, siendo los cnidarios *Phacelocyathus flos* y *Titanideum frauenfeldii* de la estación H40, las especies que más pudieron contribuir a su abundancia. A su vez, *P. iridescens* exhibió un patrón atípico en la estación I43 al presentar una baja abundancia ($0.7 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), dado que el área presentó mayor cantidad de especies autogénicas (e.g. *Ircinia strobilina*) y por tanto mayor heterogeneidad estructural, siendo estas las características estructurales típicas de las áreas donde se distribuye esta especie (Criales 1984, Escobar-Briones et al. 2003; Figura 3.10b).

La zonación de los crustáceos fue inversa en el transecto A, debido al irregular rango batimétrico conjunto de las tres estaciones y un mayor número de especies autogénicas, que proporcionan refugio a especies de talla pequeña como *I. subglobosa* (Bouma et al. 2009a, Melo 2010), crustáceo más abundante de la estación A5. Por otro lado, el transecto P exhibió una estructura heterogénea en la estación P79, con especies autogénicas (e.g. *H. heliophila*), que favorecieron la presencia de una comunidad con un mayor número de especies y valores similares de abundancia (Beazley et al. 2013, Ashford et al. 2015), patrón que no se observó en las estaciones P78 y P80, las cuales exhibieron la misma calidad de hábitat (Figuras 3.10b, 3.13; Anexo capítulo III, Tabla 9.13).

La especie *A. intermedia* exhibió un patrón contradictorio, teniendo en cuenta que se encuentra reportada para el sector oeste de la PCPY y la zona norte del GoM (Felder et al. 2009); presentando en dicho sector los valores más bajos de abundancia, mientras que en las estaciones H40 y O75 se

registraron las mayores densidades de representantes de esta especie (Anexo capítulo III, Tabla 9.13). Por otro lado, *A. spinicarpus* exhibió una distribución y abundancia diferentes a las registradas en el crucero GIV, siendo esto atribuido a caracteres estacionales de la especie, donde valores relativamente altos de OD y bajos de Chla podrían estar influenciando la abundancia de la especie; teniendo en cuenta que dichos valores fluctuaron entre evaluaciones en la estación I43, lo cual resulta contradictorio para una especie reportada como bioindicadora de aguas frías e intrusiones de aguas ricas en nutrientes (Pires 1992, Lima et al. 2014).

La especie *R. constricta* exhibió una distribución restringida a la estación I43, área con presencia de arenas finas, tipo de sedimento importante en términos de estructura de hábitat para esta especie (Vazzana 2008), que a pesar de estar restringida a una sola estación, mantuvo su patrón general de distribución al interior del GoM (Felder et al. 2009; Figura 3.10b).

El patrón de distribución de *A. intermedia* puede ser considerado el típico de la especie, al exhibir un rango de distribución similar al reportado por estudios previos (Felder et al. 2009). Esta especie presentó fluctuaciones temporales en términos de distribución y abundancia, que puede resultar aparentes teniendo en cuenta el aumento de especies autogénicas durante el crucero GV (Anexo capítulo III, Tabla 9.13); siendo la estación H39 un área de distribución permanente para la especie y necesario establecer su fluctuación temporal o la influencia de la heterogeneidad estructural del suelo de los MEPY. Entre tanto, la especie *H. pudibundus* exhibió un rango de distribución mucho más amplio al registrado durante el crucero GIV (estación G34), al ser capturado en las estaciones G34, O75 y P79, presentando mayor abundancia durante el crucero GV ($GIV=0.13 \text{ } 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, $GV=23.1 \text{ } 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Anexo capítulo III, Tabla 9.13).

Los valores de abundancia de *Portunus* sp presentaron su valor de abundancia más elevado en la estación O75 (sector este) y mayor rango de distribución en el sector oeste, mientras que *S. furcatus* exhibió mayor abundancia en dicho sector y valores similares a los exhibidos por otras especies en el sector central; siguiendo el patrón de distribución de especies generalistas, típicas de sedimentos arenosos a lodosos, con presencia de rocas y corales (Santana et al. 2004, Felder et al. 2009). Entre tanto *I. subglobosa* exhibió un rango de distribución más amplio al reportado por autores y al observado durante el GIV (Rester et al. 2017b, Rubio-Polania et al. 2018).

En el caso de los moluscos del sector central, *Globivenus rigida* mantuvo el patrón de distribución de áreas arrecifales donde es típicamente referida como especie suspensívora (Camp et al. 1998, Turgeon et al. 2009) y podría estar beneficiándose en mayor medida de la densidad de especies autógenas presentes en la estación I43 y las fuentes de alimento presentes en el área; al igual que la especie *C. sentis* que fue capturada en el área donde suele distribuirse (Turgeon et al. 2009; Anexo capítulo III, Tabla 9.13).

La presencia de poríferos y cnidarios pudo contribuir al elevado rango de distribución de *A. exasperatus*, así como a los valores de abundancia que exhibió (Figuras 3.10c, e-f); mientras que el gasterópodo *B. fusca* presentó distribución restringida a la estación O75, área con mejores condiciones hábitat, debido a ser más similar a arrecifes rocosos (Abbott et al. 1961, Owada 2009). Por su parte, *P. fulminatus* fue capturada en una zona caracterizada por presentar arenas medias (estación F29), siendo una característica del hábitat donde se distribuye esta especie, la cual suele enterrarse en dicho tipo de sedimento (UFRJ 2019). La zonación observada en los moluscos en el transecto A, fue atribuida a la presencia de un menor número de especies autógenas, con los cuales este grupo suele exhibir relaciones simbióticas en especial con poríferos (Pansini et al. 1999).

Los valores de abundancia de los equinodermos fueron influenciados por la presencia de *Astropecten americanus* en la estación G35 ($22.5 \cdot 10^3$ ind km⁻²); lo cual podría haber ocasionado reducciones en las abundancias de los crustáceos y moluscos en dicha estación, ya que son el principal ítem alimenticio del género *Astropecten* (Freeman et al. 2001). Entre tanto, el patrón de distribución exhibido por *C. echinoptera* especie criptica filtradora que es influenciada por el perfil batimétrico (Meyer 1973, Meyer & Macurda 1976, Liddell 1979, Durán-González et al. 2005, Trujillo-Luna & González-Vallejo 2006, Tapajós et al. 2013), podría indicar mejores condiciones de hábitat a 89m de profundidad, ya que a esta profundidad exhibió los valores más elevados de abundancia, tanto en el centro como en el oeste de los MEPY (Anexo capítulo III, Tabla 9.13). Mientras que *O. lumbricus* es una especie típicamente capturada en maniobras pesqueras de especies demersales (Haimovici et al. 2008), típica del Mar Caribe que también ha sido reportada para el GoM (Barraclough 1960, Pawson et al. 2009), la cual exhibió una elevada abundancia pero distribución restringida durante el GV.

En el oeste *T. halperni* presentó un rango de distribución más amplio al registrado durante el crucero GIV (Rubio-Polania et al. 2018) y *Luidia clathrata* especie típica de zonas arenosas (Brögger & Penchaszadeh 2008), fue capturada las estaciones B8 y P79, que exhibieron este tipo de sedimentos, siendo dichas estaciones áreas propicias para el desarrollo de las poblaciones de una especie permanente de los MEPY y del Banco de Campeche (Anexo capítulo III, Tablas 9.12, 9.13; Vázquez-Bader et al. 2008). Entre tanto, la distribución restringida de *Holothuria* sp a la estación O75 es contradictoria, dado que los miembros del género que han sido reportados en todo el GoM (Pawson et al. 2009); por su parte, *O. echinulata* exhibió el patrón de distribución reportado para la especie (Pawson et al. 2009), aunque puede pasar del suelo a estratos más superiores debido a la presencia de especies autogénicas (Mosher & Watling 2009), que exhibieron elevados en la estación I43, donde esta especie presentó los valores más altos de abundancia (Anexo capítulo III, Tablas 9.13).

En el transecto A, los equinodermos exhibieron un patrón similar al reportado para este grupo (Ramos et al. 2017); siendo determinante para dicho patrón la abundancia de *A. duplicatus* y *C. echinoptera* en la estación A5 (Figura 3.10d), lo cual podría resultar de una mayor concentración de *n*-C₄₀ (Figura 3.13), fuente de alimento que beneficiaría indirectamente dichas especies, al ser carnívora-carroñera y filtradora, respectivamente; aunque es posible que *C. echinoptera* utilice algún porcentaje del carbono que es aportado al área, lo cual ha sido registrado en otras especies de comatulidos (Liddell 1982). La relación inversa observada en el transecto P, fue contradictorio para el taxa, dado de los equinodermos es directo entre los valores de abundancia y la profundidad (Ramos et al. 2017).

Durante el crucero GV los poríferos exhibieron valores elevados de abundancia debidos a la presencia de *Ircinia strobilina*, siendo esto un posible resultado de la elevada tasa de crecimiento y regeneración, que presenta una elevada importancia estructural de la comunidad de poríferos y abundancias intermedias en áreas arrecifales de Belize (Hoppe 1988, Villamizar et al. 2014), típica de zonas arrecifales como la estación I43. Esta especie ha sido reportada para los extremos de la PCPY (Rützler et al. 2009), siendo su ausencia en el sector este contradictorio, al igual que su presencia en la estación I43 ($18.5 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$); mientras que los valores registrados en el sector oeste, podrían considerarse típicos tomando en cuenta el patrón de distribución reportado para la especie, aunque fue más abundante en los MEPY ($0.31 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.48 \cdot 10^3$; Villamizar et al.

2014), siendo estas áreas las que presentan diferentes características estructurales de hábitat adecuadas para la especie (Pawlik et al. 2002).

El patrón de distribución restringido de *Agelas* sp fue marcadamente diferente al reportado para los representantes del género *Agelas* que se encuentran distribuidos en todo el GoM (Rützler et al. 2009; Figura 3.10e). Las especies *Cliona* sp y *Cliona varians* exhibieron valores de abundancia más bajos la registrada en área con presencia de corales pétreos y corales pétreos muertos ($50 \cdot 10^4 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 160 \cdot 10^4$; Chaves-Fonnegra et al. 2007).

La zonación de los poríferos fue contradictorio en los dos extremos, dado que el patrón reportado de este grupo en el rango batimétrico evaluado es directo (Stefanoudis et al. 2019). En el sector oeste la estación A3 exhibió un adecuado de hábitat para la especie *Hymeniacion heliophila*, siendo su presencia en la estación parte del patrón general de distribución de áreas poco profundas (Weigel & Erwin 2016, Carballo & Bell 2017), aunque estuvo ausente en la estación A4 (menos profunda), siendo la distancia a la costa un posible factor importante para la especie. Entre tanto, la estación A5 presentó el mayor valor de abundancia de *Plakortis* sp especie altamente competitiva (Wulff 2006), la cual ha sido reportada también para el GoM (Rützler et al. 2009) y suele ser abundante en diferentes áreas de zonas arrecifales de en Belice (Villamizar et al. 2014).

Los briozoos exhibieron tres géneros como representantes más abundantes del oeste de los MEPY, siendo el género *Alcyonidium* reportado como especie una autógena importante que contribuye a los hábitos crípticos crustáceos del género *Munida* (Zaixso & Boraso 2015), asociación que estuvo ausente o no fue percibida a través del material biológico capturado durante el crucero GV; sin embargo, la información aportada por dicho crucero permite establecer un bajo e inusual rango de distribución de esta especie, ya que aunque no ha sido reportado en estudio previos en la zona sur del GoM, es típica de fondos rocosos someros, siendo este último factor el más importante ya que fue capturada en un rango batimétrico que fluctuó entre 81m a 173m (Anexo capítulo III, Tabla 9.13).

En el caso de los representantes de *Flustra* sp los cuales no han sido reportada para el GoM, los MEPY y la PCPY si presentan las características de hábitat necesarias para su desarrollo (sustrato calcáreo, arenoso grueso; Wales 1971), aunque las arenas de las estaciones en las que fue hallada

la especie fueron finas y medias, siendo esto evidencia de un rango más amplio de características estructurales del hábitat de sus representantes, que pudieron influenciar los valores de abundancia, los cuales fueron mucho más bajos a los reportados por Dyer et al. (1982) para el Mar del Norte ($10 \cdot 10^6 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 200 \cdot 10^6$).

El patrón en los valores de abundancia similares entre *Hippopodina feegeensis*, *Flustra* sp y *Alcyonidium* sp, resulta atípico ya que *H. feegeensis* presenta una tasa de crecimiento, reclutamiento y ocupación de hábitat más alta que otras especies de su grupo taxonómico (Riedel et al. 2014), sumado al hecho de ser parte de la fauna permanente del sector oeste de la PCPY y el Banco de Campeche (Winston & Maturo 2009). Por otro lado, los valores elevados de *Reteporellina evelinae* son resultado de una distribución atípica de la especie, ya que el rango máximo de distribución batimétrico para representantes del género *Reteporellina* está limitado a 110m (Winston 1986) y *R. evelinae* fue capturada en la estación G35 a 155m de profundidad (Winston & Maturo 2009).

Los cnidarios exhibieron valores más elevados en la zona central de los MEPY área que se caracterizó por la presencia de giros convergentes estacionales, que pueden contribuir a la presencia de representantes del grupo al consumir fitoplancton, zooplancton y seston por filtración o captura a través de sus pólipos; donde la presencia de *S. diaphana* como especie abundante, siguió el patrón de exhibido para los representantes del género *Sertularella* en zonas de plataforma continental calcáreas (Ramos et al. 2017).

La especie *P. disticha* a pesar de ser una colonizadora, que sirve de sustrato a otras especies de cnidarios, (e.g. *Campanularia* sp), con reclutamiento anual y reportada para la zona evaluada (Hay & Sutherland 1988, Perkol-Finkel & Benayahu 2005, Winston & Maturo 2009, Pica et al. 2017), exhibió bajo rango de distribución con valores congruentemente altos de abundancia en el sector este de los MEPY y la PCPY donde ha sido reportada; siendo su presencia en el sector oeste evidencia de un rango más amplio de distribución (Figura 3.10f; Anexo capítulo III, Tabla 9.13).

A pesar de presentar un amplio rango de distribución batimétrico el género *Cirrhopathes* ($40\text{m} \leq Z \leq 262\text{m}$; Lumsden et al. 2007), los representantes de la especie exhibieron los valores más elevados en las estaciones F29 e I43 (66m y 51m), indicando mejores condiciones de hábitat en

zonas poco profundas relativamente. En el caso de los representantes del género *Macrorhynchia*, al ser típicos de zonas arrecifales (Irving & Dawson 2012), su presencia en las estaciones ubicadas en el centro de los MEPY, resulta congruente, lo cual sustentado por la presencia de cinco especies del género (Calder & Cairns 2009), sin que *Macrorhynchia ramulosa* haga parte de dicha lista, siendo su presencia un nuevo reporte para la especie.

Por otra parte, la baja inclinación de la PCPY, responsable del cambio escaso aumento de la profundidad con forme aumenta la distancia desde la línea de costa (Enriquez et al. 2010), es el factor al se le atribuye la presencia de especies costeras en los MEPY; dando origen a distribuciones atípicas como la observada por *M. squarrosa* en las estaciones I43 y P79, siendo el sector oeste el área en la cual ha sido observada la especie (Calder & Cairns 2009). Por su parte, *T. frauenfeldii* es reportada como una especie que soporta elevadas densidades de anfípodos, tanaidáceos, isópodos y poliquetos (Wendt et al. 1985), reportada en zonas arenosas y rocosas del sector este de la PCPY y la Florida (Calder & Cairns 2009a, Michel 2013, Hourigan et al. 2017), condiciones de las áreas donde la especie fue colectada Anexo capítulo III, Tabla 9.13).

La única especie del grupo de los anélidos poliquetos fue *Branchiomma* sp, la cual estuvo restringida al sector oeste, patrón contrario a la amplia distribución reportada para la especie por Fauchald et al. (2009), que fue atribuido de manera conjunta a la selectividad del dispositivo de muestreo y la estructura kárstica del suelo de los MEPY, disminuyendo la baja capacidad de capturar anélidos por la red; lo cual fue evidente en los bajos valores de abundancia ($0.5 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ; Figura 3.10h), con respecto a los reportados por abundancia Ramalhosa et al. (2014; $238 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 516 \cdot 10^3$).

Al igual que en la evaluación de la megafauna del crucero GIV, la ausencia del patrón de distribución a lo largo de los tres sectores de los MEPY fue atribuido a la presencia de diferentes ecosistemas de menor tamaño al exhibido por cada sector (García 1980), sumado a la ausencia de diferencias en las condiciones fisicoquímicas de los MEPY que son detectados a nivel de la PCPY. La presencia de un mayor número de grupos con respecto a los discriminados en el crucero GIV, es atribuida a las diferencias estructurales entre estaciones auspiciadas por la presencia de especies autogénicas (Folkers & Rombouts 2020) y una mayor cantidad de especies (Tabla 3.4).

De acuerdo con los grupos obtenidos a través de la prueba SIMPROF, las diferencias multiestructurales en términos de disimilitud proporcionada por la prueba SIMPER permitió establecer como fuente de disimilitud entre el grupo *a* y las estaciones A3 y P79 (grupo *b*), la ausencia de especies típicas de áreas de suelo coralino, complejas estructuralmente, donde especies autógenas y motiles como *S. furcatus* y *H. bowerbanki* suelen asociarse (Melo 2010; Tabla 3.4).

Entre tanto, el grupo *c* pudo diferenciarse claramente del grupo *a*, por la presencia de especies que observadas en hábitat similares a las del grupo *b* (*S. furcatus*, *G. rigida*, *C. echinoptera*; Cairns & Bayer 2009, Melo 2010, Michel 2013, Martín-Cao-Romero et al. 2017), sumado a la ausencia en el grupo *a*, de las especies *D. insignis* típica de aguas frías y *C. auricula* que suelen asociarse a otros moluscos (Turra et al. 2002, Perry & Larsen 2004, Léo et al. 2006, Meireles & Mantelatto 2008). Dichas especies permitieron diferenciar el grupo *d* (estaciones H40 y O75) del grupo *a*, representado por especies que consumen moluscos (*S. nodifer* y *P. gibbesii*; Rudloe 1983, Ward 2017).

Las estaciones J48 y L59 (grupo *e*) al presentar fauna que suele asociarse con especies autógenas en áreas con sedimentos heterogéneos lodosos arenosos y comúnmente capturados como fauna acompañante de maniobras con redes de arrastre como *P. iridescens*, *D. fucosus* y *B. coarctatum* (Perry & Larsen 2004, García-Cubas 2007, Pérez 2011), auspiciaron las diferencias multiestructurales con las estaciones P78 y P80 (grupo *a*); cabe aclarar que en las estaciones del grupo *e*, se presentaron arenas finas representadas por varias clases de tamaños grano con los extremos mejor clasificados (Culter et al. 1997).

Entre tanto, la presencia de *A. duplicatus* especie permanente para el Banco de Campeche y los MEPY (Vázquez-Bader et al. 2008, Rubio-Polania et al. 2018), *C. echinoptera* filtrador de áreas no expuestas (Messing & Dearborn 1990), *B. fragosus* típico de fondos arenosos calcáreos y presencia de conchas (Fish and wildlife Service 1965, de Melo 2015), junto a especies omnívoras, predatoras y autógenas en la estación A5 (grupo *f*), las cuales no fueron capturadas en el grupo *a*; hacen parte del patrón general esperado en el presente estudio, debido a la diferencia en ubicación geográfica entre estaciones.

El patrón registrado entre los grupos *a* y *g* (estaciones G34 y H39), fue muy similar al descrito entre el grupo *a* y *f*; mientras que la presencia de *A. exasperatus* y *G. rigida* en el grupo *a*, junto a la ausencia de *S. nodifer* y *P. gibbesii* en las estaciones del grupo *h*, fueron la principal causa de formación de estos grupos (Figura 3.12a-b; Tabla 3.4).

Las estaciones A3 y P79 (grupo *b*) presentaron tres especies autogénicas *H. bowerbanki*, *H. heliophila* y *S. diaphana* que diferenciaron este grupo de la estación A4 (grupo *c*), área que se caracterizó por presentar especies motiles y sedentarias que suelen capturarse en ambientes con gradientes limo arcillosos en el Banco de Campeche (Tabla 3.4, Ruiz et al. 2013); tipo que no fue observado en dicha estación ($A4_{Mz} = 0.76$, arenas gruesas); indicando la capacidad de las especies del área a prosperar con menor cantidad de compuestos orgánicos almacenados en el sedimentos arenosos, típicos de ambientes de plataforma continental (Soto 1984), siendo *C. echinoptera*, *O. dichotoma* y *T. laminaris* las especies sésiles que permitieron identificar dicha estación.

Los grupos *e* y *b* compartieron una sola especie (*H. bowerbanki*), siendo la fauna del grupo *e* la fuente de la disimilitud entre grupos (Tabla 3.4). En el grupo *f* (estación A5), la ausencia de las especies autogénicas del grupo *b* que brindan el hábitat requerido por *S. furcatus* (Melo 2010), fueron el factor determinante de la separación de dichos grupos; mientras que las diferencias entre la estación A4 y el grupo *d* resultó de las abundancias de especies no compartidas.

La marcada diferencia entre la estación A4 y A5 resulta de la ausencia de especies compartidas de especies típicas de sustratos duros suspensívoros, predadores de poríferos y microorganismos (*G. rigida*, *T. halperni*, respectivamente), que contribuyen a la complejidad estructural del suelo marino beneficiando la fauna de invertebrados (*T. frauenfeldii* y *C. echinoptera*, *M. camptocerum*; Tabla 3.4; Soto 1984, Abele & Kim 1986, Benavides-Serrato et al. 2005, Calder & Cairns 2009, Felder et al. 2009, Turgeon et al. 2009, Beauclair et al. 2016, Byrne & O'Hara 2017).

La estación A4 no presentó ninguna especie compartida con el grupo *e* (estaciones J48 y L59) y solo exhibió una especie compartida con el grupo *g* (estaciones G34 y H39). Los grupos *h* y *f* se diferenciaron dada la ausencia de las especies *C. echinoptera*, *A. ordwayi*, *O. dichotoma* y *Chama* sp, típicas de áreas de sustratos duros (Messing & Dearborn 1990, García et al. 2012) y la presencia de especies compartidas con diferencias en los valores de abundancia (Tabla 3.4).

Las estaciones H40 y O75 se caracterizaron por presentar especies epifaunales de sustratos duros, suspensívoros, sedentarios que suelen asociarse con moluscos (*D. insignis*, *C. auricula*, *P. politus*, *H. antiquatus*; Rosewater 1969, Turra et al. 2002, García-Cubas 2004, Meireles & Mantelatto 2008, Selzo 2014), ausentes en las estaciones J48 y L59; dichas estaciones que presentaron especies típicas de sustrato de arenas lodosas que son persistentes en la PCPY, se asocian con especies sésiles y motiles, capturadas como fauna acompañante de la pesca de fondo de camarón (*P. iridescens*, *D. fucosus*, *B. coarctatum*, *M. maculata*; Criales 1984, Escobar-Briones et al. 2003, García-Cubas 2004, Perry & Larsen 2004, Beauclair et al. 2016, Rubio-Polania et al. 2018).

La ausencia de las 22 especies abundantes que discriminan la estación A5, separó los grupos *d* y *f* (Tabla 3.4). Entre tanto, los grupos *d* y *g*, fueron fácilmente distinguibles por la ausencia de las especies más abundantes y persistentes de las estaciones G34 y H39 (Tabla 3.4), las cuales se caracterizan por ser típicas de zonas con cobertura algal, no expuestas de zonas con presencia de detritus en el sedimento y distribución atípica de acuerdo con estudios anteriores (*S. affinis*, *C. echinoptera*, *O. echinulata*; Messing & Dearborn 1990, Ivany et al. 1994, Lalana et al. 2004, Pawson et al. 2009b, Alvarado et al. 2014), que presentan especímenes carnívoros y omnívoros (*S. affinis*, *R. testudinaria* y *P. chilluna*), que son afectados por la riqueza de especies, aumento de la profundidad y han sido reportados como parte de la fauna persistentes en los MEPY (*A. alligator*; Tabla 3.4; García-Cubas et al. 1999, García-Cubas 2004, Benavides-Serrato et al. 2005, Hermosillo & Valdés 2007, Vázquez-Bader et al. 2008, Rosenberg 2009, Lawrence & Jangoux 2013, Gomez-Lemos & García 2017).

Los grupos *d* y *h* exhibieron diferencias como resultado de la ausencia de la fauna característica de las estaciones H40 y O75 (grupo *h*). Aunque la fauna presente en la estación A5 exhibió diferencias marcadas con la capturada en las estaciones G34 y H39 (grupo *g*), fue las especies más abundantes de estas estaciones las responsables de la separación entre grupos (Tabla 3.4).

El grupo conformado por el mayor número de estaciones (grupo *h*), presentó una elevada heterogeneidad de hábitats, evidenciado en su fauna característica del grupo, la cual se caracterizó por exhibir que no fueron capturadas en las estaciones G34 y H39 (Tabla 3.4); mientras que la presencia de *A. exasperatus* en dicho grupo, junto a la presencia de un heterogéneo grupo de especies, motiles, sésiles autogénicas y sedentarias capturadas en la estación A5 fueron

responsables de diferenciar los grupos en términos multiestructurales (*C. echinoptera*, *Plakortis* sp, *C. sulcata*, *M. ramulosa*, *Squilla* sp; Di Camillo et al. 2009, Soest et al. 2012, Tapajós et al. 2013, May-Kú et al. 2016).

3.4.5 Biomasa y estructura comunitaria de la megafauna bentónica Plataforma Continental de Yucatán.

La biomasa de la megafauna bentónica evaluada durante el crucero GIV exhibió un patrón de distribución similar al registrado por la abundancia, indicando que la heterogeneidad estructural y condiciones de hábitat que influyen la diversidad y abundancia de las comunidades megabentónicas, en términos generales fueron los factores que influenciaron los valores de biomasa de la comunidad (Figuras 3.14a; Mayer & Piepenburg 1996); siendo esto un patrón mucho más diverso, al marco tradicional, donde la disponibilidad de alimento es el factor que determina cantidad de biomasa (Hargrave et al. 2004). Patrón observado en las comunidades evaluadas en el crucero GIV, donde interactúa un gran número de especies de diferentes grupos tróficos, que se benefician de la complejidad estructural propia del suelo marino y la aportada por especies autógenas (Borst et al. 2018; Figuras 3.14e-g).

La zonación de toda la comunidad en el transecto A, siguió el patrón exhibido en términos de abundancia, el cual responde a la batimetría irregular del área evaluada; que al ser organizado en orden de decreciente exhibe un patrón directo, reportado para la biomasa de los equinodermos (Ramos et al. 2017). Los valores totales fueron influenciados por los crustáceos de importancia comercial y que son capturados como fauna asociada, exhibieron los valores más elevados de biomasa en la estación A3 (*A. spinicarpus*, *P. setiferus*, *A. spinimanus* y *P. argus*), mientras que en la estación A4 las especies que más aportaron a la biomasa fueron equinodermos (*C. ravenelii*, *A. Alligator*, *L. guildingi* y *L. variegatus*), para luego ser dominada la biomasa de la comunidad por crustáceos, anélidos y moluscos (*A. spinicarpus*, *G. rigida*, *B. candida*, *T. radula*).

Dicho patrón es producto de la presencia de recursos, dado que *A. spinicarpus* puede acceder al presentar un amplio rango de distribución batimétrico (De Léo & Pires-Vanin 2006), mientras que en zonas someras como la estación A4 especies suspensívoras, herbívoras y omnívoras podrían beneficiarse de fuentes de energía presentes en el área, manteniéndose en dentro de su rango de

distribución habitual (Pawson 1978). En el transecto P los crustáceos fueron el grupo más importante en todas las estaciones y no fueron observadas especies compartidas, el cual ha sido reportado por Thouzeau et al. (1991) para en zonas entre 50m a 90m de profundidad con sedimento variable; patrón observado transecto P, donde las estaciones fueron diferentes en términos de tamaño medio de grano y asimetría (capítulo II, Tabla 2.5).

Sumado a lo anterior, el patrón observado de biomasa relativa dentro de los grupos taxonómicos fue congruente al reportado por Escobar-Briones & Soto (1997), dado que en el sector oeste del GoM y en los MEPY, fueron los crustáceos quienes exhibieron las mayores contribuciones a la biomasa comunitaria (Figuras 3.14b). Las especies *Achelous spinicarpus*, *Penaeus setiferus*, *Achelous spinimanus* y *Panulirus argus* fueron responsables del 60.26% de la biomasa comunitaria total y el 65.18% del sector oeste; valores que permiten establecer su papel regulador dentro de la red trófica de los MEPY y el sector oeste, como predadores tope en el caso de *A. spinicarpus* y *A. spinimanus*, al igual que en Cabo Frio, Brasil y el suroeste del GoM (de Araújo & de Almeida Tubino 2017), así como para la costa suroeste de los Estados Unidos en el caso de *P. setiferus* (Wenner & Wenner 1988, Pires 1992, Soto et al. 1999, De Léo & Pires-Vanin 2006, Costa et al. 2015).

Los crustáceos en el transecto A (estaciones A3, A4, A5), al influenciar los valores observados para toda la comunidad exhibieron el mismo patrón anteriormente descrito (Figuras 3.10a-b). Entretanto, la biomasa en el transecto P exhibió el patrón reportado por Ramos et al. (2017), para la biomasa de equinodermos (relación directa), atribuible a diferencias en el sedimento y fuentes de carbono por estación. En la estación P78 la presencia de $n\text{-C}_{18}$ y el $n\text{-C}_{20}$ fue relevante, mientras que en la estación P79 lo fue el $n\text{-C}_{18}$, los cuales son compuestos aportados por fuentes bacterianas (Parkes & Taylor 1983, Zaghdan et al. 2017). En la P80 fue determinante la presencia de arenas finas con asimetría positiva, que favorece a *S. empusa*, dado que le permite enterrarse en el sedimento y cazar de manera furtiva (Dingle & Caldwell 1978).

Los valores de biomasa que exhibió *A. spinicarpus* fueron inferiores a los reportados para la especie durante la temporada de invierno, lo cual es paradójico al ser bioindicadora de aguas frías (Pires 1992, Lima et al. 2014); aunque valores fueron similares a los registrados por Pires (1992)

durante primavera en la costa Atlántica de Ubatuba, Brasil (Pires: 55.8 kg km^{-2} ; campaña GIV: $0.9 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 61.6 \text{ kg km}^{-2}$).

Al interior del GoM *P. setiferus* ha sido reportada como la segunda en importancia en términos de biomasa para la laguna costera Mecoacán, Tabasco ($0.07 \text{ kg AFDW km}^{-2}$; Domínguez et al. 2003), mientras que Wenner & Wenner (1988), reportan valores entre $7.9 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 112.50 \text{ kg km}^{-2}$; siendo en ambos casos superiores al nivel inferior del rango observado durante el crucero GIV ($0.034 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 44.2 \text{ kg km}^{-2}$), pero dentro del rango reportado para la especie, lo cual puede atribuirse a diferencias en la extensión de las área de estudio y esfuerzo muestral en el caso de Wenner & Wenner (1988), quienes evaluaron 18 estación y realizaron al menos tres arrastres por estación, mientras que en el caso de Domínguez et al. (2003), es atribuible a mejores condiciones de la laguna costera con respecto a la estación I43 (Anexo capítulo III, Tabla 9.14).

En el caso de la langosta espinosa del Caribe *P. argus* los valores registrados durante el crucero GIV fueron inferiores a los reportados por Rios-Lara et al. (2007) para el Arrecife Alacranes (campaña GIV: $12.7 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 13.3 \text{ kg km}^{-2}$; Rios-Lara et al: $7.3 \text{ ton km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 11.8 \text{ ton km}^{-2}$), siendo los valores registrados más cercanos a los reportados en arrecifes artificiales ubicados entre 2m y 18m de profundidad en la PCPY ($0.9 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 7.2 \text{ kg}$; Zapata-Araujo et al. 2007); lo cual es atribuible a una mayor profundidad y una menor complejidad estructural del suelo marino de las áreas en las cuales se capturó *P. argus* en la presente evaluación ($Z > 30\text{m}$).

La especie *A. intermedia* mantuvo su rango de distribución batimétrico, aunque no fue posible comparar los valores de biomasa con otros estudios, siendo la evaluación realizada por Rester & Lott (1985) importante dado que aportan valores de abundancia y biomasa; sin embargo, al presentar un valor menor a 0.1 kg , el reportado es cero ($0.0 \text{ kg AFDW km}^{-2}$; Rester & Lott 1985).

El patrón irregular de distribución geográfico de los moluscos no siguió patrones de zonación, siendo inferiores los valores obtenidos en el crucero GIV, con respecto a los reportados para el grupo por Lamptey (2015), 112.5 kg km^{-2} ; campaña GIV, $0.01 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 19.51 \text{ kg km}^{-2}$).

El patrón de zonación de los equinodermos fue diferente en los dos extremos, a la típica relación directa reportada para el grupo (Ramos et al. 2017); dada la tendencia parabólica en el oeste,

reportada para la biomasa, moluscos y decápodos, en la costa pacífica de Costa Rica, durante marzo y mayo en el Mar Mediterráneo y en los márgenes continentales de Mauritania (Ramírez-Llodra et al. 2010b, Ramos et al. 2017, Villalobos-Rojas et al. 2017). La relación inversa observada en el sector este de los MEPY, siguió el patrón reportado para la biomasa de decápodos durante los meses septiembre y diciembre en el Mar Mediterráneo y la biomasa total del megabentos en Mauritania (Ramírez-Llodra et al. 2010b, Ramos et al. 2017).

Durante el crucero GIV se pudo evidenciar un rango de distribución más amplio al reportado para la especie *Pseudarchaster gracilis*, la cual influyó el valor de biomasa del grupo en el área central de los MEPY (Anexo capítulo III, Tabla 9.14), patrón que contradijo las distribuciones aportadas por Caso (1989) y Vázquez-Bader et al.(2008), quienes reportan la especie entre 60m y 200m de profundidad (campana GIV: $87\text{m} \leq Z \leq 143\text{m}$), en el sector este y en el 3% de las estaciones evaluadas (campana GIV: 12%), respectivamente. Las diferencias entre estudios de podrían ser resultado de la disposición de estaciones en los estudios previos, siendo la evaluación de Vázquez-Bader et al.(2008) restringida al sector oeste de los MEPY. En términos de biomasa por estación, Ramos et al. (2017) reportaron valores más elevados a los registrados durante el crucero GIV (Ramos et al: $1.49 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 21.08 \text{ kg km}^{-2}$; campana GIV: $0.055 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 2.1 \text{ kg km}^{-2}$); lo cual puede responder a diferencias batimétricas entre estudios, dado que los autores capturaron la especie entre 415m y 1,862m de profundidad, obteniendo rangos de distribución geográfica entre 21% a 22.2%; siendo dichos valores indicadores de mejores condiciones de hábitat para esta especie.

La biomasa de *Clypeaster ravenelii* obtenida en los MEPY fue inferior a la reportada especie en el norte del GoM por Donaldson et al. (1996; $50.74 \text{ kg AFDW km}^{-2}$; campana GIV, $0.23 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 2.84 \text{ kg km}^{-2}$), siendo el tipo de sedimento el factor responsable de las diferencias entre estudios, debido a que la evaluación de Donaldson et al. (1996), fue realizada en la zona terrígena del GoM. Por otro lado, la especie exhibió mayor rango de distribución geográfica con respecto a los trabajos de Vázquez-Bader et al.(2008) y Donaldson et al. (1996), quienes la reportan entre el 2% al 5% en el caso del suroeste del GoM y el 2.1% en la zona norte del GoM; mientras que en los MEPY la especie fue hallada en el 43.7% de las estaciones, siendo registrada en los tres sectores de los MEPY.

En el caso de la especie *Goniaster tessellatus* que ha sido reportada para el sector este y centro de la PCPY y sus márgenes externos (Caso 1989), siendo dicho patrón de distribución inconsistente con el evidenciado durante el crucero GIV; dado que fue capturada en dos estaciones ubicadas en el oeste y centro de los MEPY (B8, I43; Vázquez-Bader et al. 2008; $2\% \leq R.D.G \leq 8\%$). En términos de biomasa, los valores registrados durante el crucero GIV fueron inferiores a los reportados para la zona norte del GoM (Donaldson et al. 1996; 22.58 kg AFDW km⁻²; campaña GIV $0.046 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 3.9 \text{ kg km}^{-2}$); lo cual fue atribuido a la característica terrígena de la zona norte del GoM.

Durante el crucero GIV fue posible obtener un nuevo registro de distribución para la especie *Linckia guildingi* en la zona sur del GoM, al ser fue la especie más importante del sector este y exhibir bajos valores en los sectores restantes de los MEPY (Anexo capítulo III, Tabla 9.14); dado que solo había sido registrada en la zona norte del GoM (Pawson et al. 2009). La escases de información acerca de la biomasa de equinodermos, impidió la comparación de los valores registrados durante la presente evaluación.

Estudios que contemplen la biomasa por especie de los poríferos son escasos, siendo valores totales de esta variable, su abundancia, diversidad (en términos de riqueza de especies), la presencia de compuestos activos, taxonomía y fauna asociada, la información disponible de dicho grupo (Bell & Smith 2004, Diaz & Rützler 2009, Soest et al. 2012, Rützler et al. 2014, Camacho 2017). Sin embargo, la distribución de poríferos está fuertemente relacionada con la disponibilidad de carbono orgánico (Wilkinson & Cheshire 1990); siendo la presencia de poríferos en el sector oeste de los MEPY un indicador de fuentes de carbono externas en dicho sector (Figuras 3.14g); a su vez, la baja presencia de poríferos en el sector este de los MEPY responde a una característica exhibida por el grupo en zonas de surgencia, donde presentan bajos valores de biomasa y abundancia, debido a la elevada presencia de depredadores (Birkeland 1987). En el caso de la relación lineal entre la biomasa de la especie oportunista *Tedania ignis* y su fauna acompañante (Diaz & Rützler 2009, Leite et al. 2016), podría ser uno de los factores responsables de las elevadas abundancias registradas en el sector oeste de los MEPY durante el GIV (Figuras 3.14g).

Las especies *C. varians*, *Agelas* sp y *T. ignis* fueron capturadas dentro del rango de distribución aportado por estudios previos (Rützler et al. 2009); sin embargo, los rangos de profundidad

reportados para las especies ($0\text{m} \leq Z \leq 37\text{m}$; Rützler et al. 2009), son inferiores al registrados durante el crucero GIV ($31\text{m} \leq Z \leq 201\text{m}$), siendo la estación O75 la zona más profunda, donde se capturaron representantes de la especie *C. varians*. Las especies *Diplastrella megastellata* y *Calyx podatypa* no aparecen reportadas para el GoM, razón por la cual su captura corresponde a nuevos reportes en términos de distribución geográfica, dado que se distribuyen en la cuenca del Caribe (Hechtel 1965, Diaz & Rützler 2009, Pérez et al. 2017).

Al igual que los poríferos, los briozoos presentan escasos reportes de biomasa a nivel de especie, a pesar de ser descritos como uno de los grupos con mayor contribución a la biomasa de comunidades megabentónicas (Mcleay et al. 2003). La especie *Membranipora* sp ha sido reportada como una especie con rangos de distribución geográfica cercanos al 30%, siendo bajo el valor que exhibió durante el crucero GIV (6.25%); resultado contradictorio, ya que *Membranipora* sp es una especie cosmopolita, altamente invasiva y que no ha sido reportada para la PCPY (Winston & Maturo 2009, Denley et al. 2019). Round (1984), reporta valores de biomasa para la especie de 80 kg AFDW km⁻² en áreas de *Macrocystis* en California, valor que es muy elevado con respecto al registrado durante el crucero GIV ($A3 = 0.04$ kg AFDW km⁻²) y que no puede ser adjudicado a ningún factor debido a las características intrínsecas reportadas para la especie.

Los representantes del género *Alcyonidium* son organismos altamente frecuentes en zonas de plataforma (Porter et al. 2002), por tanto su distribución y valore de biomasa durante el crucero GIV fue atípico ($H39 = 0.026$ kg AFDW km⁻²), lo cual podría atribuirse haber sido capturada por fuera del rango batimétrico reportado para el GoM (Winston & Maturo 2009; $1\text{m} \leq Z \leq 7\text{m}$), aunque este dentro del rango registrado en latitudes altas (Porter et al. 2002; $1\text{m} \leq Z \leq 80\text{m}$).

Los cnidarios hacen parte de los grupos taxonómicos con escasa información. Lo cual se observó en la ausencia de información relacionada con su abundancia y biomasa de las *Cereus* sp y *Phymanthus crucifer* (las dos anemonas; clase Actinaria), siendo restringida su información a listado de especies, taxonómica y molecular (González-Muñoz et al. 2014, Vassallo et al. 2014, Douglas 2015). En términos de distribución de especies, *M. alcicornis* a pesar de ser reportada para todo el GoM, fue capturada a mayor profundidad (Fautin & Daly 2009, $1\text{m} \leq Z \leq 55\text{m}$; campaña GIV, $Z = 87\text{m}$), al igual que *P. crucifer* (Fautin & Daly 2009, $0\text{m} \leq Z \leq 2\text{m}$; campaña GIV, $39\text{m} \leq Z \leq 201\text{m}$).

Las diferencias observadas a través de la prueba PERMANOVA y SIMPROF, así como los grupos detectados a través de la prueba SIMPER, permiten establecer una elevada importancia de los organismos suspensívoros o filtradores en las estaciones que comprendieron el grupo *b*, ya que el 52% de las especies que discriminaron el grupo son filtradores, mientras que el 35% fueron carnívoros, siendo 13% de las especies herbívoras y omnívoras (Tabla 3.5); patrón que no fue observado en otros grupos, ya que el grupo *c* exhibió 57% de carnívoros y 43% de filtradores aunque exhibieron menos especies. El grupo *d* exhibió más gremios tróficos siendo el 38% carnívoros, 45% fueron herbívoros, detritívoros y filtradores, y 16% fueron omnívoros y sedimentívoros.

Dichas características a nivel de grupos permiten establecer diferencias marcadas en las fuentes de alimento utilizada por la fauna de los MEPY, siendo mejores las condiciones para los organismos filtradores en el sector oeste, seguido por las estaciones L59, I43 y P80 (grupo *c*), donde la presencia de *A. spinicarpus*, fue fundamental para la formación de estos dos grupos; mientras que una mayor heterogeneidad de hábitat propició la presencia conjunta de las especies *C. echinoptera*, *C. ravenelii* y *A. spinimanus* propiciando la formación del grupo *d* (Tabla 3.5, Figuras 3.16a-b).

Durante el crucero GV, el patrón de zonación comunitario en el sector oeste fue influenciado por los valores de biomasa de los poríferos, aunque fue similar al observado en el crucero GIV, ya que en términos batimétricos presentaría una relación inversa (Anexo capítulo III, Tabla 9.15). En la estación A3 los valores más elevados fueron aportados por *H. heliophila* y *H. bowerbanki*, que indican la presencia de fuentes de aportes continentales y zonas protegidas de mareas (Hiscock & Jones 2007, Ribeiro et al. 2012), factores que cambiaron en la estación A4 dada la ausencia de dichas especies, siendo *T. laminaris* la única especie del grupo en la estación; mientras que en la estación A5 la especie *I. strobilina* fue la más importante de la estación (Anexo capítulo III, Tabla 9.15). En estas áreas la presencia de especies autogénicas, fuentes de carbono, concentración de clorofila y tamaño medio de grado (Figura 3.20), favorecieron los valores de biomasa de organismos, sobre todo en la estación A5, siendo los desechos de plantas vasculares continentales (*n*-C₂₃; Ohkouchi et al. 1997, White 2006), la fuente de alimento más importante para la fauna de esta zona.

En el transecto P, el patrón de zonación fue parabólico, propio de moluscos y decápodos (Ramos et al. 2017, Villalobos-Rojas et al. 2017), ocasionado por la ausencia de especies compartidas entre las estaciones P78 y P79. Entre tanto, el rango batimétrico de las estaciones P78 y P79 favoreció la presencia de *S. diaphana*, a pesar de la presencia de arenas medias y arenas finas, sedimento atípico para esta especie, que suele asociarse a sustratos duros (Genzano & Zamponi 1997, Calder & Cairns 2009; Figura 3.20). En las estaciones P78 y P80 la captura de *S. nodifer*, sería resultado de la presencia de arenas medias, con asimetría positiva, leptocúrticas (Figura 3.20).

Los crustáceos exhibieron el mismo patrón de la comunidad, aunque de acuerdo con la batimetría presenta una relación directa entre los valores de profundidad y la biomasa, siendo más un indicador una baja afinidad entre el *n*-C₂₃ y este grupo, al ser mayor la concentración de este compuesto en la estación A3 (Figura 3.20). Entre tanto, el patrón del transecto P es atribuido a la presencia de arenas medias anteriormente comentado (Figuras 3.17b, 3.20).

La elevada biomasa de *P. iridescens* es atribuida a la elevada abundancia que exhibió en el sector central, lo cual puede deberse la interacción de factores como la distancia de la costa, una elevada concentración de *n*-C₂₃ de la estación H40 (8.27 $\mu\text{g kg}^{-1}$), mayor profundidad con respecto a las demás estaciones donde fue registrada ($Z=173\text{m}$), concentraciones de clorofila entre 0.28 mg m^{-3} a 0.76 mg m^{-3} (Figura 3.20), ausencia o escaso efecto de depredadores sobre su población (e.g. *Ocyurus chrysurus*; Rincón-Sandoval et al. 2009) y distribuirse dentro del rango batimétrico reportado en otras evaluaciones (Wagner et al. 2012, $3\text{m} \leq Z \leq 183\text{m}$; campaña GV: $51\text{m} \leq Z \leq 173\text{m}$).

La especie *Pagurus diogenes* exhibió un valor de biomasa elevado al reportado por Rester & Lott (1985; 29.52 kg AFDW km^{-2}), en la zona terrígena norte de GoM, lo cual podría responder a la presencia de arenas finas, un valor relativamente elevado de clorofila estando alejado de la costa (0.76 mg m^{-3}), siendo estas las características ambientales más sobre salientes de la estación I43 (Anexo capítulo II y III, Tablas 1.4, 2.9).

La especie *Hepatus pudibundus* es típicamente importante en términos de biomasa (Bertini et al. 2010), siendo los valores reportados en el Caribe ubicados dentro del rango registrado en el crucero GV (Pérez 2011; $4.50 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 23.09 \text{ kg km}^{-2}$; $0.16 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 52.16 \text{ kg km}^{-2}$).

²); siendo más elevado el valor de la estación O75, zona que presentó en conjunto menor distancia a la línea de costa, arenas finas heterogéneas y una mayor profundidad (Anexo capítulo II, Tabla 9.4).

Los valores de biomasa de los crustáceos del sector oeste fueron mayores a los reportados en evaluaciones previas del GoM. *Dardanus insignis* exhibió un valor de biomasa superior a la reportada para la zona terrígena del GoM (Rester & Lott 1985; $15.7 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 32.7 \text{ kg km}^{-2}$; campaña GV: $43.8 \text{ kg AFDW km}^{-2}$); atribuido a la presencia de especies autógenas, que favorecen la adquisición de alimento y protección contra predadores para este omnívoro, motil (Meireles & Mantelatto 2008), distribuido en sedimentos muy finos que almacenan materia orgánica. Por su parte, los representantes de la especie *Stenorhynchus seticornis* capturados en la misma estación, exhibieron valores de biomasa más altos a los reportados en la zona norte del GoM (Donaldson et al. 1996, Rester et al. 2017; $4.9 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 24.6 \text{ kg km}^{-2}$; campaña GV: $34 \text{ kg AFDW km}^{-2}$); siendo evidente la elevada complejidad estructural del sector oeste y la presencia de especies autógenas, características típicas de hábitat donde suele distribuirse esta especie (de Melo 2015).

En cuanto a los representantes de *Portunus* sp, siguieron el amplio rango de distribución reportado para el género, típicamente distribuida en ambientes con sedimentos lodosos, arenosos y zonas con elevada cobertura de restos de (García 1980, Wenner & Wenner 1988, Pires 1992). Los fueron bajos a los registrados para miembros del género *Portunus* dentro y fuera del GoM (Kodama et al. 2010, Rester et al. 2017a b, $7.86 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 127.8 \text{ kg km}^{-2}$; campaña GV, $0.026 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 32 \text{ kg km}^{-2}$); lo cual puede atribuirse a las escasas fuentes de energía continentales y marinas durante la evaluación del GV.

Los moluscos presentaron valores inferiores a los reportados para los rangos de profundidad 16m a 153m en la zona de plataforma de Guinea (Lamprey 2015, 112.5 kg km^{-2} ; campaña GV, $8.91 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 35.01 \text{ kg km}^{-2}$), atribuido por el autor a la fuerte influencia de la producción primaria sobre la megafauna en las 18 estaciones que evaluó (Lamprey 2015); patrón que debió influenciar los valores de la malacofauna de los MEPY durante el crucero GV, ya que dicha evaluación fue realizada en época de surgencia y la Chla influyó a la comunidad, de acuerdo con la prueba BIOENV y los gradientes ambientales exhibidos en el LINKTREE (Figura 3.20).

El patrón de zonación de los moluscos en el transecto A, respondió la elevada biomasa del carnívoro *Vokesimurex recurvirostris* y filtradores como *Agriopoma texasianum* (Barco et al. 2010), siendo la presencia de infauna y fuentes de carbono fundamentales para esta área (Figura 3.20); mientras que la estación A5 exhibió mayor biomasa debido a la presencia de especies filtradoras como *Vermicularia knorrii* (Bieler & Hadfield 1990), la cual podría deberse a una mayor cantidad de clorofila en dicha estación (0.38 mg m^{-3} ; Figura 3.20).

A pesar de la importancia de *Onustus longleyi* en los MEPY, al momento de la redacción del presente documento no se obtuvo información acerca de biomasa o distribución de la especie, siendo un fuerte indicador de la necesidad de aumentar las evaluaciones de comunidades megabentónicas en el GoM. Para tal fin es necesaria la implementación de video-transectos una herramienta confiable para la evaluación y protección de estas comunidades (Pequegnat et al. 1990, Rowe & Pariente 1991, Sumida et al. 2008, Priede et al. 2013).

La escases de información sobre moluscos megabentónicos impidió comprar los valores de biomasa *Busycoarctum coarctatum*, aunque la especie ha sido reportada anteriormente en la PCPY (Vokes & Vokes 1983), y fue capturada en estaciones ubicadas por encima de los 22.3°N , influenciadas en mayor medida por las concentraciones de $n\text{-C}_{23}$ y Chla; variables que al exhibir correlaciones directas con compuestos aromáticos y otros alifáticos, indicarían que zonas con desechos de plantas vasculares terrestres, diatomeas y bacterias, estructuran el hábitat de las comunidades infaunales de las cuales se alimenta *B. coarctatum* (Harada et al. 1995, Cheung & Wong 1999, Sinninghe et al. 2005, Zaghden et al. 2017, Shellfish Barnegat 2019).

El cefalópodo *Octopus vulgaris* al exhibir su valor más elevado siguió el patrón resultante de su patrón de migración entre la PCPY y el Golfo de Campeche (Angeles-Gonzalez et al. 2017), siendo capturada dentro del margen batimétrico registrado por otros autores (Roper et al. 1984, Ramos et al. 2017). Los valores de biomasa reportados para la especie en la zona norte del GoM fueron más elevados a los registrados durante el crucero GV ($109.3 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 337.8 \text{ kg km}^{-2}$; campaña GV: $0.11 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW km}^{-2} \leq 52.12 \text{ kg km}^{-2}$).

En el caso de los equinodermos sus valores de biomasa fueron mucho mayores a las registradas durante el GIV, inferiores a los valores reportados para el grupo en zona de plataforma (Lamprey

2015, 775 kg km^{-2} ; campaña GV, $0.04 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 65 \text{ kg km}^{-2}$), siendo más cercanos e incluso superiores a los valores registrados a los reportados para el grupo en la zona profunda ($Z > 4000 \text{ m}$; Thurston et al. 1998, Howell et al. 2003, $0.10 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 30.89 \text{ kg km}^{-2}$). El patrón de zonación del grupo en el transecto A pudo ser el típico, de no ser por la profundidad irregular de la estación A4 y que resultó del aumento gradual en el número de especies conforme aumentó la distancia a la línea de costa (Figura 3.17d). En el transecto P este grupo presentó un patrón parabólico, donde las especies carnívoros indican la presencia de una comunidad infaunal que beneficia este componente de la megafauna en la estación menos profunda (*Lophaster verrilli*, *Anthenoides peircei*; McClintock 1994, Blake et al. 2000); pudiendo sostener los organismos omnívoros a través del subsidio de energía de la columna de agua en la estación más profunda (*Nymphaster arenatus*; Pequegnat 1983), siendo este el único gremio trófico y especie capturada en la estación P80.

Entre las especies más importantes del grupo, *Oreaster reticulatus* exhibió un elevado valor inferior al reportado para diferentes zonas menos profundas del Caribe (Scheibling & Metaxas 2010, $1.12 \text{ t km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 6.82 \text{ t km}^{-2}$; campaña GV: $38.9 \text{ kg AFDW km}^{-2}$), lo cual indica que áreas someras con elevada complejidad estructural, son el hábitat adecuado para la especie.

Aunque los representantes de *Paracaudina* sp son reportados para zonas con sedimento lodoso y elevadas concentraciones de Chla (Toral-Granda et al. 2008, Widianingsih et al. 2018; $347.82 \text{ mg m}^{-2} \leq \text{Chla} \leq 1135.52 \text{ mg m}^{-2}$); esta especie presentó un patrón de distribución restringida a un área con valores intermedios de Chla, lo cual resulta contradictorio, aunque aumenta su rango de rango distribución en términos de estructura fisicoquímica de hábitat (Anexo capítulo II, Tabla 9.4). *Clypeaster ravenelii*, al exhibir valores de biomasa menores a los reportados en la zona norte de GoM (Rester et al. 1999, $53 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 200 \text{ kg km}^{-2}$; campaña GV, $0.72 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 13.0 \text{ kg km}^{-2}$), podría estar indicando que la fuente de carbono proveniente de desechos de productores primarios continentales y marinos en los MEPY, de los que se alimentan los equinodermos (Harada et al. 1995, Binark et al. 2000, Howell et al. 2003), probablemente no tienen la calidad y/o calidad requeridos por esta especie.

Paradójicamente en el este de los MEPY, donde la concentración de Chla fue más alta ($\text{Chla} > 0.93 \text{ mg m}^{-3}$), fueron equinodermos carnívoros los que exhibieron los valores de biomasa más elevados

Lophaster verrilli y *Luidia clathrata* (44.42 kg AFDW km⁻² y 15.21 kg AFDW km⁻²; Mah & Blake 2012); sin embargo, los valores de biomasa exhibidos por estas especies, la ausencia de moluscos en la estación P78 y su baja representación en la P79, podrían ser debidos los organismos carnívoros, dado que estos organismos hacen parte de sus ítems alimenticios (McClintock & Lawrence 1985, Mah & Blake 2012).

Los valores de *L. verrilli* fueron inferiores a los reportados en la zona norte del GoM (Rester et al. 1999, 165 kg AFDW km⁻²; campaña GV, 44.42 kg AFDW km⁻²), siendo esto atribuible a una mayor área de distribución y mayor disponibilidad de alimento en dicha área; ya que al ser carnívoro puede aprovechar los desechos que dejan las maniobras de pesca con redes de arrastre de fondo, actividad característica del área norte del GoM (Rester et al. 1999).

Los poríferos exhibieron valores elevados con respecto a los registrados durante el GIV, presentando el patrón general reportado para zonas de plataforma, al ser un taxa importante en términos de biomasa (Long et al. 1995a).

En los MEPY sector oeste presentó los valores más elevados, siendo esto indicador de una mejor fuente de energía y calidad de hábitat para el desarrollo de los miembros del grupo. Las especies *Plakortis angulospiculatus*, *Iotrochota birotulata* y *Aplysina fulva* que exhiben patrones corporales esféricos y ramoso o ramificado en los casos de *I. birotulata* y *A. fulva* (Maas 2004); permite establecer una elevada variabilidad de espacial, ya que estas especies no presentaron valores elevados de biomasa durante el GIV, mientras que en el crucero GV presentaron valores elevados en el sector central (Figuras 3.17e).

Los atributos de la comunidad de poríferos (*e.g.* abundancia, biomasa, riqueza) exhibieron sus valores más elevados en los sectores central y este de los MEPY (Figura 3.17e), donde a partir de los valores de biomasa se puede establecer la presencia de organismos de gran tamaño, dado que esta variable es un proxy de dicha característica (Crisp 1984); lo cual indica que las estaciones I43, F29 y B8 son ambientes con una escasa influencia de actividades antropogénicas que afectan el desarrollo de estos organismos (Mahaut et al. 2013, Pawar et al. 2017). Sin embargo, *Iotrochota birotulata* exhibió una distribución restringida a dichas estaciones, lo cual resulta contradictorio por ser indicadora de contaminación por materia orgánica (Alcolado et al. 2007), condición que

no concuerda con los valores de los atributos comunitarios de la estación I43; indicando la presencia de puntos de salida de aguas subterráneas continentales que llegan a la estación sin afectar la comunidad, por efecto de transporte de la Corriente de Yucatán y la actividad filtradora de la comunidad megabentónica presente en el área.

Los valores de los briozoarios exhibieron el mismo rango de observado en el crucero GIV, aunque en el crucero GV presentaron mayor rango de distribución, al presentarse en el este de los MEPY. Los representantes del género *Alcyonidium* mantuvieron su importancia en la comunidad megabentónica de los MEPY, al ser parte de la fauna persistente del área evaluada. la cual exhibió mejor calidad de hábitat que ambientes de latitudes altas, al presentar valores biomasa relativa mayores que dichas áreas el (3%; Ravelo et al. 2014; Figura 3.17f; campaña GV, 11.57%). Por otra parte, *Hippopodina feegeensis* solo se registró en el crucero GV, siendo los representantes del grupo capturados por fuera de su rango batimétrico (Winston & Maturo 2009), indicando una mayor tolerancia al aumento de la profundidad y fluctuaciones en las variables oceanográficas que exhiben relaciones inversas con dicha variable (e.g. temperatura; Anexo capítulo II, Tabla 9.4).

Los valores de los cnidarios fueron bajos a los reportados en otras áreas (Billett et al. 2002, $32.7 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 121.9 \text{ kg km}^{-2}$; campaña GV, $0.04 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 17.79 \text{ kg km}^{-2}$), aunque fueron superiores a los registrados durante el crucero GIV (Figuras 3.10f y 3.17f). A pesar de ser un grupo que no aportó elevados valores de biomasa a la comunidad, la presencia de especies exhiben patrones corporales arborescentes (e.g. *Nicella goreau*), (Bayer & Grasshoff 1995, Viada et al. 2007), favorecen los valores de biomasa al aportar hábitats de mejor calidad para equinodermos y crustáceos (Cairns et al. 2009).

Cambios en la dirección de la corriente y diferencias en la posición en las estaciones hacen evidente la heterogeneidad de los MEPY, siendo estos factores los que más influenciaron cambios en la composición de especies y mayor biomasa. También fue posible observar mayor complejidad estructural del hábitat en el crucero GV, característica marcó las diferencias a nivel de taxa entre campañas (Figuras 3.10a y 3.17a).

La presencia de grupos influenciados por la posición geográfica de las estaciones fue evidente y resultó de la variabilidad local que estructuró la fauna ($a=P78$ y $P80$, $f=A4$ y $A5$). El grupo b ,

conformado por las estaciones A3 y P79 fue determinado por la presencia de especies sésiles y sedentarias, que dependen del patrón de corrientes y características del suelo para colonizar nuevos ambientes, a través del asentamiento de sus larvas y posterior reclutamiento de juveniles (*H. heliophila*, *H. bowerbanki* y *S. furcatus*; Santana et al. 2004, Alcolado et al. 2007, Tavares & Santana 2012, Mahaut et al. 2013, Rützler et al. 2014, Colavite et al. 2016, Weigel & Erwin 2016).

Los organismos motiles y sedentarios exclusivamente epifaunales de diferentes niveles tróficos, asociados a *P. citrina* discriminaron al grupo *c*, siendo esta la especie autogénica más importante en términos de similitud del grupo y que podría estar influenciando la presencia del resto de especies (Tabla 3.6).

El grupo más grande (grupo *d*; Figura 3.19, Tabla 3.6), fue compuesto por un conjunto de organismos motiles (42%), sedentarios y sésiles (58%), predominantemente epifaunales (89%), que hacen parte activa de los niveles intermedios y altos de la red trófica de dichas estaciones (omnívoros~29% y carnívoros~47%), registrados a lo largo de la PCPY y otras áreas del GoM (Felder & Camp 2009); los cuales fueron responsables de los valores más altos de similitud, indican la presencia de procesos de reclutamiento en ambientes arrecifales al interior de la PCPY y MEPY, ya que en dichos ambientes desovan y se reclutan especies sedentarias epifaunales (Molen et al. 2018, Casoli et al. 2019). A su vez, este conjunto de estaciones estuvo más influenciada por la Chla y el *n*-C₂₃, que al estar correlacionadas negativamente con los hidrocarburos aromáticos, estarían indicando una buena calidad de hábitat en las estaciones G34, G35, H39, H40 y O75: mientras que la presencia de las especies exclusivas *I. birotulata*, *C. varians* y *O. vulgaris* fueron un factor determinante en el grupo *e*, donde la interacción de especies sésiles, sedentarias y motiles fue la característica más marcada del grupo.

El cambio en la distribución de los valores de biomasa entre evaluaciones, podría responder a las diferencias registradas en salinidad, temperatura y oxígeno en la PCPY; variables responsables de cambios en la composición y estructura comunitaria en los márgenes externos de la plataforma continental en Brasil (Pires 1992), que en los MEPY y en la PCPY son atribuidas a diferencias en las trayectorias exhibidas por la corriente de Yucatán, que resultan de la presencia o ausencia de eddies y la presencia de giros de gran escala ubicados cerca del área del canal de Yucatán (Enriquez et al. 2010).

El valor de biomasa registrado en el sector oeste durante el crucero GIV fue similar al reportado en el GV ($GIV=37.1 \pm 71.3$ kg AFDW km^{-2} , $GV=30.27 \pm 42.91$ kg AFDW km^{-2}), los valores del centro y el este fueron marcadamente diferentes (Centro: GIV, 53.43 ± 66.70 kg AFDW km^{-2} , GV, 53.43 ± 66.70 kg AFDW km^{-2} ; Este; GIV, 26.9 ± 53.8 kg AFDW km^{-2} , GV, 45.58 ± 75.71 kg AFDW km^{-2}); lo cual responde a la presencia de condiciones estructurales de hábitat que mantienen la persistencia de comunidades megabentónicas, en términos de aporte de energía, factor registrado en lagunas costeras, donde los valores de esta variable tienen ser similares ante fluctuaciones interanuales (Knox 2000; Figura 3.17a).

3.4.6 Diferencias estructurales temporales en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán.

El factor que permite a las comunidades megabentónicas prosperar en términos de abundancia y riqueza de especies, es la estructura física del suelo marino, que determina la capacidad de carga en términos de espacio, de acuerdo al grado de complejidad estructural que exhiba (Abad et al. 2008, Guyonnet et al. 2008, Nohrén & Odelgård 2010, Buhl-Mortensen et al. 2012). Esta característica fue evidente en los MEPY, donde la estructura física del suelo marino, así como la presencia de especies autogénicas promovieron la presencia de un mayor número de especies y elevados valores de abundancia durante el crucero GV con respecto observado en la primera campaña (Montserrat et al. 2008, Bouma et al. 2009a, Rigolet et al. 2014); siendo la presencia de especies autogénicas el factor responsable de las diferencias detectadas en riqueza, composición, abundancia y biomasa a través de las diferentes pruebas estadísticas utilizadas durante la presente evaluación (Figuras 3.21a-d).

Un segundo factor responsable del cambio en la composición de especies fueron los cambios fisicoquímicos en temperatura y salinidad en la PCPY, aunque los valores puntuales en los MEPY no hayan exhibido el mismo patrón, la distribución de los miembros de la comunidad como *A. spinicarpus*, *A. spinimanus*, *P. argus* y *P. setiferus*, migran de acuerdo con las condiciones oceanográficas y/o como parte de su ciclo de vida (Gracia et al. 1997, Rios-Lara et al. 2004, Lima et al. 2014). Los resultados obtenidos en términos de variables oceanográficas permiten establecer

su importancia en las diferencias espacio temporales observadas en los MEPY, sumado a la influencia de variables ambientales que estructuraron el hábitat por estación o grupos de estaciones; siendo en conjunto responsables de las fluctuaciones temporales en la fauna megabentónica de los MEPY (Rios-Lara et al. 2004, Tecchio et al. 2010, Willems et al. 2015).

Aunque los valores de biomasa fueron más elevados durante el crucero oceanográfico GV, fue el valor de volumen por especie obtenido a partir de los valores de abundancia, biomasa por especie y su fluctuación, lo que permitió establecer la presencia de organismos de mayor tamaño durante el crucero GV; indicando mejores condiciones en el suministro de alimento (Hargrave et al. 2004), que sumado a un mayor número de relaciones tróficas sustentadas por la elevada complejidad estructural (Buhl-Mortensen et al. 2010); permiten establecer la evidente variabilidad de la fauna y acople de sus ciclos de vida, con las temporadas climáticas del área evaluada (Merino 1997, Reyes-Mendoza et al. 2016, Ruiz-Castillo et al. 2016).

Los eventos de surgencia en la PCPY y los MEPY deberían ser los responsables de la presencia de crustáceos, moluscos y equinodermos de mayor tamaño registrados en el crucero GV (Tabla 3.7); siendo esto un efecto de la extensión de la plataforma, su baja inclinación y la baja profundidad de la mayoría de las estaciones evaluadas (Enriquez et al. 2010; $Z < 250\text{m}$), junto a un acoplamiento bentopelágico fuerte, el cual es registrado en áreas ubicadas por encima de los 200m (Ehrnsten et al. 2019). Sin embargo, la presencia de fases positivas del niño detectadas en el índice MEI durante las dos campañas oceanográficas y el transporte de este a oeste ocasionado por la Corriente de Yucatán, pueden afectar el acoplamiento bentopelágico del área, siendo responsables de la ausencia de las diferencias en los valores de Chla durante los cruceros oceanográficos GIV y GV; siendo necesario evaluar de manera detallada la fluctuación de la biomasa de comunidades megabentónicas en los MEPY y el efecto directo o indirecto de las concentraciones de clorofila sobre los diferentes representantes de la megafauna bentónica presente en el área (debido a diferencias en gremios tróficos).

3.4.7 Abundancia y estructura comunitaria del Cinturón Plegado Perdido (CPP)

Los valores de abundancia dentro del CPP fluctuaron dentro de los rangos establecidos en estudios previos, con una sucesión marcada en la dominancia entre crustáceos y equinodermos. Los valores

de abundancia en la zona costera siguieron el patrón general reportado por Vazquez-Bader (1996) para el suroeste del GoM. En el crucero PII los valores de abundancia de las estaciones C1, B1 y D1 mantuvieron el rango de valores reportado para la zona terrígena del suroeste GoM (PII, $12.1 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 38.7 \cdot 10^3$; Vazquez-Bader 1996, $21.3 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 43.7 \cdot 10^3$); mientras que el valor de la estación F1 fue inferior a dicho rango ($6.7 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$). En el crucero PIII solo la estación F1 presentó un valor de abundancia similar al registrado por Vazquez-Bader (1996) o las abundancias registradas en el crucero PII ($F1_{PIII} = 35.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figuras 3.22a-b).

Al interior del CPP los valores de abundancia por estación fueron atribuidas a la presencia de aportes continentales, presencia de lagunas costeras y al efecto de zonación sobre la megafauna (Figura 3.22a). Los dos primeros factores resultan de la fuente mixta de aportes de aporte de nutrientes y materia orgánica provenientes de la producción primaria de la columna de agua (fitodetritus, detritus de macrófitas, pellets fecales, nieve marina y carroña; Haedrich et al. 1980, Rex et al. 2006, Yeh & Drazen 2009), los aportes provenientes de la Laguna Madre reportados que han sido reportados como limitados (An & Gardner 2000) y los transportados a lo largo de la línea de costa desde las lagunas costeras ubicadas en áreas aledañas al CPP, producto del patrón de corrientes presentes en el área (Zavala-Hidalgo et al. 2003).

Aunque los aportes de nutrientes y materia orgánica aportados por lagunas costeras benefician a las especies bentónicas sedimentívoras, detritívoras y omnívoras, sustentando de manera indirecta a especies carnívoras; sin embargo, los ecosistemas localizados en frente del área evaluada estarían influenciando a la megafauna como zona de crianza, dados los valores de abundancia de las especies *P. aztecus* y *P. setiferus* que llevan a cabo parte de su ciclo de vida en dichas áreas (Gracia et al. 1997, Wakida-kusunoki et al. 2010, Mendoza et al. 2011). Al igual que las especies anteriormente mencionadas, *C. sapidus* ha sido reportada en los ecosistemas lagunares cercanos al área evaluada (Armstrong et al. 1987), los cuales son fundamentales para su desarrollo, ya que en dichos ambientes permanece durante su estadio de megalopa en áreas estuarinas (Sumer et al. 2013).

Sin embargo, la elevada abundancia exhibida por las especies *A. duplicatus*, *A. cingulatus* durante el crucero PIII podrían estar indicando un efecto de las actividades pesqueras con redes de arrastre realizadas en el CPP por parte la flota de pesca de altura (230 embarcaciones; Wakida-kusunoki

2006), ya que dichas especies son carnívoras-carroñeras (Bitter & Penchaszadeh 1983) y su abundancia aumenta como resultado de la presencia de los restos de organismos resultado de dicha actividad; lo cual podría beneficiar a *P. aztecus* ya que es una especie omnívora (Sobrinó et al. 2005).

Los valores de abundancia en la zona intermedia registrados en las dos campañas, fueron inferiores a los reportados en latitudes altas de zonas terrígenas con el mismo rango de profundidad (Perdido, $4.6 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 39 \cdot 10^3$; Thouzeau et al. 1991, Piepenburg & Schmid 1996, Jones et al. 2012, $694 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 110 \cdot 10^6$). Las estaciones ubicadas en esta zona presentaron valores inferiores a los observados en las estaciones costeras (PII: B y D; PIII: F y B; Figuras 3.22a y 3.25a), siguiendo el proceso de zonación tradicional que exhibe relaciones inversas entre la abundancia y la profundidad, producto de la disminución en los aportes de nutrientes provenientes de la producción pelágica y costera (Rex et al. 2006, Nephin et al. 2014); mientras que las estaciones que exhibieron valores de abundancia más elevados a los registrados en la zona costera, podrían estar recibiendo mayor sedimentación de partículas provenientes estratos superiores de la columna de agua (Piepenburg et al. 1996) y estar ubicadas en la zona de mayor actividad pesquera incrementando la abundancia de especies carnívoras-carroñeras abundantes en las dos campañas (e.g. *A. cingulatus* y *A. duplicatus*; Figuras 3.22c y 3.25c).

Las estaciones profundas en tres de los cuatro posibles casos (cuatro estaciones, dos en cada evaluación; PII: C3 y D3; PIII: D3; Figuras 3.22a y 3.25a), exhibieron valores bajos de abundancia comúnmente observados en dichas áreas (Cartes & Sarda 1993, Aldea et al. 2008); mientras que la estación C3 del crucero PIII presentó un valor abundancia más elevado al registrado en la estación costera (C1), contradiciendo el patrón general de abundancia y exhibiendo la tendencia reportada para los equinodermos (Ramos et al. 2017), lo cual resultó contradictorio debido a que *P. setiferus* representó el 81% de la abundancia de dicha estación.

La zonación exhibida en el CPP solo fue evaluada en tres de los cuatro posibles transectos, debido a la falta de información de la estación C2. Los transectos B durante las dos campañas y F en el crucero PIII, presentaron la relación inversa lineal reportada para el GoM y áreas como la Bahía de Vizcaya, el Mar Catalán, New England y el Mar Mediterráneo y en el cañón submarino de Blanes durante el mes de septiembre (Cartes & Sarda 1992, Piepenburg et al. 1996, Ramírez-

Llodra et al. 2010b). En los transectos C y D de las dos campañas presentaron la tendencia parabólica en los valores de abundancia reportada en el este del GoM, el oeste del Mar Mediterráneo y en el Cañón submarino de Blanes desde marzo a mayo y agosto, en la costa pacífica de Costa Rica, la Bahía Walvis en el oeste de África y el margen continental de Omán (Pequegnat et al. 1990, Levin 2003, Abad et al. 2008, Ramírez-Llodra et al. 2010b, Ramos et al. 2017, Villalobos-Rojas et al. 2017).

La tendencia exponencial negativa entre la abundancia y la profundidad registradas en el transecto D del crucero PII ha sido reportada a grandes rasgos y sin presentar un modelo que la represente por Pequegnat et al. (1990); mientras que la relación directa de los transectos F y C de los cruceros PII y PIII, son atípicos y poco confiables al no presentar al menos tres estaciones.

Durante el crucero PII los valores de abundancia de los crustáceos fueron superiores a los reportados para el área de dorsales localizadas en la zona suroeste del GoM por Escobar-Briones et al. (2008; 7.2 ind km⁻² y 62.7 ind km⁻²); siendo resultado de la presencia combinada de especies de la familia Penaeidae y miembros del infraorden Brachyura, los cuales se encuentran típicamente en la plataforma continental (Armstrong et al. 1987, Abelló et al. 2002, Mendoza et al. 2011).

El patrón de zonación observado en los transectos B y C, puede atribuirse al aumento de la profundidad, disminución de la temperatura y fluctuaciones en el suministro de alimento, dado que son las variables que más influenciaron la megafauna bentónica del área evaluada (Figura 3.28) y son reportadas como las variables más importantes para la megafauna bentónica por Abad et al., (2008). El patrón inversa de la estación F2, es atribuido a diferencias en la estructura de la parte superior de la columna de agua entre las estaciones F2 y F1.

Por su parte, los equinodermos presentaron un patrón de fluctuación geográfico diferente al observado en toda la comunidad y al exhibido por los crustáceos (Figuras 3.22a-c); debido a características específicas del CPP, ya que el asentamiento larval del grupo se da por preferencia de hábitat (Entrambasaguas et al. 2008). Para la especie *A. cingulatus* las estaciones C2 y F2 exhibieron mejor calidad de hábitat, con valores de abundancia (37.9 10³ ind km⁻² y 13.3 10³ ind km⁻², respectivamente); lo cual podría responder a la escases de predadores y la abundante presencia de moluscos y crustáceos infaunales, los cuales son sus principales ítems alimenticios

(Bitter & Penchaszadeh 1983, Renato et al. 1995, Freeman et al. 2001, Guilherme 2010; Figura 3.22c).

En la estación C1 la abundancia exhibida por la especie *Prionaster elegans*, distribuida en un área menos profunda a la reportada en la revisión de Pawson et al.(2009; $208\text{m} \leq Z \leq 535\text{m}$; Perdido=46.5m), refuerza la evidencia del subsidio de alimento de fuentes continentales y de la columna de agua al ambiente sedimentario, dado que dicha especie es detritívora (Keesing 1990). Dicho subsidio y sedimentación de partículas estructuraron el hábitat de zonas de acumulación (estación D3), identificadas por la acumulación de $n\text{-C}_{13}$, distribución restringida y elevada abundancia de la especie sedimentívora *Mesothuria rugosa*. En las estaciones restantes los valores de abundancia fueron bajos, lo cual puede ser atribuido a la fluctuación de los valores de la temperatura y la salinidad debidos al cambio batimétrico lo cual influencia a abundancia de los equinodermos (Entrambasaguas et al. 2008).

En el CPP la malacofauna no presentó un patrón de variación geográfico no fue claro, exhibiendo valores de abundancia bajos en estaciones costeras como profundas (Figura 3.22d), contradiciendo los patrones de zonación de la abundancia reportados para el phylum (Mutlu & Ergev 2012). Sumado a esto, los moluscos presentaron su valor de abundancia más elevado en la estación F2 (Figura 3.10), lo cual podría ser atribuido a mejores condiciones oceanográficas, complejidad estructural de suelo y la acumulación de $n\text{-C}_{12}$, $n\text{-C}_{23}$, carbono total, carbono orgánico y materia orgánica; siendo los factores responsables de la presencia de una comunidad de moluscos compuesta por organismos filtradores y carnívoros (*Mercenaria Campechiensis*, *Polystira tellea*, *A. muscosus* y *Sconsia grayi*; Morton 1980; Hadley & Coen 2004; Todd & Johnson 2013; Alejandrino 2014). A su vez, el patrón de distribución contagioso de *M. campechiensis* fue el responsable del elevado valor de abundancia de esta especie (Hadley & Coen 2004).

La presencia de los cnidarios *Anthopleura krebsi* y *Pennaria disticha* en las estaciones profundas, aumenta el rango de distribución batimétrico reportado por otros autores para estas especies (Calder & Cairns 2009a, Ramos et al. 2017); las cuales son indicadoras de un menor grado de disturbio del suelo marino de la zona profunda, observado en la zona de plataforma del área evaluada, atribuido a actividades pesqueras (Gracia et al. 2010, Wakida-kusunoki et al. 2010). Dicha alteración podría ser la responsable de la escasa presencia de otras especies autogénicas

como octocorales y poríferos, siendo estos últimos representados exclusivamente por representantes de la especie *Aplysina fulva*, los cuales exhibieron distribución restringida en la zona costera (Estación F1) y presentaron abundancias mucho menores a las reportadas para el género ($0.1 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), con respecto a las reportadas en zonas del Caribe y Mar Mediterráneo ($6.25 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 53 \cdot 10^6$; Valderrama 2001, Villamizar et al. 2014, Santín et al. 2017).

A pesar del rango de fluctuación irregular de la abundancia entre estaciones, el efecto de la profundidad fue evidente en los tres grupos identificados a través de las pruebas SIMPROF, PERMANOVA, SIMPER, BIOENV y LINKTREE, los cuales responden a las diferencias marcadas en el rango batimétrico entre la zona de plataforma y profunda (Pires-Vanin 2001, Williams et al. 2010, Pilditch et al. 2015) y diferencias en la cantidad de energía entre los márgenes continentales y la plataforma (Yeh & Drazen 2009). Sin embargo, la calidad de la materia orgánica podría ser más importante que su cantidad, ya que la estación con el mayor porcentaje de esta variable (C3), presentó el valor más bajo de abundancia registrado en el crucero PII ($1.6 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Figura 3.22a). Otra particularidad que se puede señalar y fue observado en las pruebas multivariadas y atribuidas a las lagunas costeras frente y en zonas aledañas del derrotero de muestreo, es la clara diferencia estructural a nivel de comunidad entre las zonas costera e intermedia, evidentes en la presencia de especies distintivas (Figuras 3.22a, 3.24a-b Tabla 3.8).

De acuerdo con la evidencia aportada por la prueba SIMPER, la zona profunda estuvo estructurada por *Propeamussium dalli* y *Cancellus ornatus* al ser las especies más importantes y discriminadores de la zona profunda. Esta zona exhibió en el conjunto de las siete especies más importantes, una estructura trófica completa; donde *P. dalli* y *Polycheles typhlops* serían los principales predadores afectando la distribución y reclutamiento de especies meio, macro y megabentónicas, mientras que *Nephropsis rosea* y *Penaeus setiferus* como omnívoros aprovecharían los recursos disponibles en el área, siendo consumida por los carnívoros al igual que *Cancellus ornatus*, *Nephropsis aculeata*, los cuales fueron los consumidores primarios más importantes de un ambiente sustentado por la producción regenerada (Hicks & Marshall 1985, Morton & Thurston 1989, Morgan 1990, Soto et al. 1999, Tshudy 2003, Perry & Larsen 2004, Schneider et al. 2013).

Los valores de abundancia del presente estudio de las especies *P. typhlops* ($0.08 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.1 \cdot 10^3$), *N. acuela* ($0.1 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.5 \cdot 10^3$) y *N. rosea* ($0.08 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.1 \cdot 10^3$), fueron superiores a los reportados por Escobar-Briones et al. (2008), quienes reportaron valores de 2 ind km^{-2} para *P. typhlops*, 4 ind km^{-2} para *N. acuela* y 30 ind km^{-2} *N. rosea*; lo cual resulta paradójico ya que los ejemplares reportados por los autores fueron capturados en la parte superior del talud continental del suroeste del GoM, zona que presenta mayor complejidad estructural de hábitat y subsidio de energía, que sustenta valores elevados de abundancia de megafauna bentónica (Butman 1988, Hecker 1990, Hwang et al. 2009, Pilditch et al. 2015, Langone et al. 2016, Grinyó et al. 2018). Mientras que los valores de abundancia de *P. setiferus* ($0.1 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.4 \cdot 10^3$), fueron menores a los reportados para la especie por Ruiz et al. (2013) en la Sonda de Campeche, durante la evaluación realizada en 1994 ($P. setiferus=0.7 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$).

En la zona intermedia el grupo de especies importantes y diagnosticas, presentó equinodermos los cuales estuvieron ausentes en el conjunto de la zona profunda, haciendo evidente la sucesión estructural entre ambientes, con presencia de especies herbívoras y filtradores sedentarios; sin embargo, las especies mejor representadas fueron los carnívoros y omnívoros motiles de posición epi e infaunal (Tabla 3.7; McTigue & Zimmerman 1991, Kasinathan et al. 2007, Frameschi et al. 2014, Varisco et al. 2015).

Las especies más importantes de la zona intermedia fueron *Astropecten cingulatus*, *Raninoides laevis*, *Penaeus aztecus*, *Achelous spinicarpus* y *Anasimus latus* (Tabla 3.8); las cuales, a pesar de ser registradas en la zona costera, exhibieron mayores abundancias en la zona intermedia. Los valores de abundancia obtenidos en la zona intermedia de *R. laevis* se encuentran por debajo y dentro del rango reportado para la especie en la Sonda de Campeche (campaña PII, $0.10 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 4.3 \cdot 10^3$; Ruiz et al. 2013, $0.25 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.29 \cdot 10^3$); mientras que los valores de *A. cingulatus* en el suroeste del GoM fueron superiores, sin que los registrados en el CPP estuvieran por fuera de dicho rango (campaña PII, $0.80 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 38 \cdot 10^3$; Vázquez-Bader et al. 2008, $0.30 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 99 \cdot 10^3$).

Las especies *A. latus* y *A. spinicarpus* presentaron valores de abundancia dentro del rango de abundancia reportado para el suroeste del GoM (campaña PII, $0.08 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.2 \cdot 10^3$, $0.05 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 2.60 \cdot 10^3$, respectivamente; Escobar-Briones et al. 2008, Ruiz et al. 2013, 0.012

$10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.56 \cdot 10^3$ y $0.09 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 60 \cdot 10^3$); mientras que *P. aztecus* exhibió valores por debajo y dentro del rango reportado para dicha zona (campaña PII, $0.08 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 2.4 \cdot 10^3$, Ruiz et al. 2013, $0.1 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 28.8 \cdot 10^3$). Las diferencias en los rangos de abundancia entre evaluaciones podrían ser resultado de las diferencias en la calidad de hábitat, época en la cual fueron muestreadas las comunidades y un escaso efecto perturbador sobre el ambiente bentónico debido a la pesca, ya que en la Sonda de Campeche no se realiza dicha actividad (Espinoza & Zamora 2019).

Las especies que discriminaron las estaciones más cercanas a la línea de costa han sido reportadas en las lagunas costeras del estado de Tamaulipas, al igual que *P. aztecus* realizan parte de su ciclo de vida en dichas áreas (Wakida-kusunoki et al. 2010; Tabla 3.7). En dicho grupo *Callinectes sapidus* y *Mercenaria campechiensis* fueron las especies más abundantes y de importancia económica, para los pobladores que viven en inmediaciones del área evaluada (Hadley & Coen 2004, Rodríguez-Castro et al. 2017). A su vez, las estaciones costeras fueron discriminadas del resto de zonas al presentar especies carnívoras, omnívoras y filtradoras, que cuentan con la capacidad de cambiar su rango de distribución y por tanto seleccionan el hábitat provisto por cada estación (Laughlin 1982, Bitter & Penchaszadeh 1983, Rosas et al. 1994, Piepenburg et al. 1996, Hadley & Coen 2004, Sobrino et al. 2005, Jones et al. 2007a, Escobar-Briones et al. 2008, Rufino et al. 2010).

Durante el crucero PIII el 64% de la abundancia total fue aportada por tres especies (*A. duplicatus*, *A. cingulatus* y *P. aztecus*). Los equinodermos *A. duplicatus* y *A. cingulatus*, son reportados como especies permanentes o persistentes en el Banco de Campeche, con contribuciones a la abundancia relativa de la comunidad entre 1.42% a 5% (Vázquez-Bader et al., 2008), valores son inferiores a los observados en el crucero PIII, ya que *A. cingulatus* presentó una abundancia relativa de 34.43% ($48.6 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$) y *A. duplicatus* aportó el 18.29% ($25.7 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$); lo cual podría responder a mejores condiciones de hábitat en el CPP con respecto al Banco de Campeche.

A su vez, Vázquez-Bader et al., (2008), reportaron la especie *A. duplicatus* en un ambiente de arenas carbonatadas entre 47m y 65m de profundidad, con valores elevados de abundancia en primavera y otoño ($10.9 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $22.3 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, respectivamente), mientras que durante crucero PIII realizado en otoño, dicha especie fue capturada en todas las estaciones costeras que

estuvieron ubicadas entre 43.2m a 49.4m de profundidad y abundancias entre $0.098 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $15.0 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$.

El valor de abundancia más elevado de *A. duplicatus* fue registrado en la estación F1, donde se observó la mayor concentración de *n*-C₃₉, siendo la presencia de este alcano procedente de los desechos de vegetación continental que se presentan de manera frecuente en sedimentos de ríos, evidencia de la importancia de los subsidios de materia orgánica de dichas fuentes (Liebezeit & Wöstmann 2009), pudiendo beneficiar comunidades de invertebrados macrofaunales de los cuales como carnívoro y carroñero pudiera alimentarse (Bitter et al. 1980, Sobrino et al. 2005, Freitas Caregnato et al. 2009).

A pesar de ser la especie más importante en términos de abundancia *A. cingulatus* exhibió distribución restringida en los transectos D y F, localizados en la parte inferior del derrotero de muestreo. El valor más elevado de abundancia de esta especie se observó en la estación D2, donde se presentó el valor más elevado de Chla, discriminando a la estación como una área de acumulación que auspiciaría la presencia de organismos macrofaunales como presas. Sin embargo, dicha característica ambiental en conjunto con los desechos de organismos aportados por la pesca de arrastre, factores responsables de los valores registrados, dado que organismos del género *Astropecten* presentan una baja vulnerabilidad ante las perturbaciones generadas por este tipo de pesca, se benefician de los restos de organismos aportados al suelo marino producto dicha actividad y cuentan con la capacidad de regeneración (Kaiser 1996, Lawrence & Vasquez 1996, Pranovi et al. 2001, de Juan et al. 2007).

La especie *P. aztecus* es reportada como una de las más frecuentes del Banco de Campeche evaluadas en ocho campañas oceanográficas, con un rango de distribución en el perfil batimétrico entre 0 a 110 m, los mayores porcentajes de captura de la familia Penaeidae (entre el 40% al 60%) y mayores capturas en el área con sedimento mixto del Banco de Campeche (Soto et al. 1982, 1999, Vazquez-Bader 1996).

Esta especie exhibió un patrón de distribución batimétrico menor al reportado para la especie al capturarse en estaciones costeras e intermedias. Las abundancias reportadas en sedimentos terrígenos se encuentra en el rango de $1.14 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ a $30.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ (Ruiz 2008, Ruiz et

al. 2013), que se encuentran por encima del límite inferior de los valores registrados durante el crucero PIII, siendo el valor más elevado cercano al reportado para la especie para otoño (campana PIII, $0.92 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 4.9 \cdot 10^3$; Ruiz 2008= $5.3 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$). Sumado a lo anterior, el valor más elevado de la especie fue registrado en la estación F1 ($4.9 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$); área que presentó una mayor cantidad porcentual de limos y *n*-C₃₉, indicando que fuentes de materia orgánica continental almacenadas en sedimentos de menor diámetro, fueron probablemente la fuente de alimento más utilizada por los representantes de la especie (Liebezeit & Wöstmann 2009).

A su vez, la especie ha sido reportada en el área de estudio en el rango en el mismo rango de profundidad en el cual fueron realizados los arrastres en el CPP, donde es explotada comercialmente (Wakida-kusunoki et al. 2010, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural 2012, Wehrtmann et al. 2012), factor que aparentemente no influyó en el valor de abundancia total, ya que *P. aztecus* fue más abundante durante el crucero PIII (PII= $15.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, PIII= $9.2 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$); siendo dicho patrón contradictorio al tener en cuenta que el reclutamiento de la especie se da en primavera y verano (Zimmerman & Minello 1984).

El patrón de zonación general de la comunidad fue mixto, exhibiendo una relación inversa en el transecto B, reportado para comunidades megabentónicas del Mar Mediterráneo y latitudes altas (Mayer & Piepenburg 1996, Piepenburg et al. 1996, Ramírez-Llodra et al. 2010b, Ramos et al. 2017). El transecto C exhibió la tendencia parabólica reportada para comunidades distribuidas entre 100m a 600m de profundidad, los meses de marzo, abril, mayo y agosto en el Mar Mediterráneo y en primavera en el GoM (Pequegnat et al. 1990, Abad et al. 2008, Ramírez-Llodra et al. 2010b).

El patrón de disminución y relativa estabilidad en los valores en el perfil batimétrico del transecto D fue similar al reportado por Pequegnat et al. (1990) durante primavera en el GoM y Ramirez-Llodra et al. (2010) en el Mar Mediterráneo en primavera; mientras que la relación directa del transecto F ha sido reportada para comunidades de equinodermos en Mauritania (Ramos et al. 2017).

La carcinofauna presentó un valor de abundancia intermedio a los valores reportados para el GoM por Escobar-Briones et al. (2008; 7.2 ind km^{-2} y 62.7 ind km^{-2} ; campana PIII, $46.7 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$;

Figuras 3.25b); sin embargo, dicho valor se encuentra en el límite inferior del rango reportado para el suroeste del GoM por Ruiz (2008, $34.1 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 195.1 \cdot 10^3$). Dicho valor está dentro de valores intermedios a bajos y resultan de una comunidad compuesta por especies abundantes como *P. aztecus*, *P. setiferus* y *C. sapidus* que realizan su ciclo de vida en las lagunas costeras ubicadas en inmediaciones y en frente del área evaluada, aprovechan la materia orgánica subsidiada por dichos ecosistemas y la presencia de pastos marinos, favoreciendo de esta manera elevados valores de abundancia (Armstrong et al. 1987, Ann & Robert 1989, Knox 2000, Abelló et al. 2002, Jensen et al. 2005, Mendoza et al. 2011).

En la zona costera los valores más elevados se observaron en los extremos del derrotero (F1 y B1; Figura 3.25b), donde *P. aztecus* presentó los valores más altos de abundancia y la estación F1 con los valores más altos de las especies *P. aztecus*, *S. empusa*, *A. spinicarpus*, *C. sapidus*, *P. granulatus*, *S. brevisrostris*, *S. vioscai* y *S. atlantidis*; lo cual es atribuible mayor cantidad porcentual de limos y *n-C₃₉*, haciendo evidente el subsidio energético del continente, de la cual se beneficia la carcinofauna omnívora (*S. vioscai*, *S. atlantidis*, *C. sapidus* (Figuras 3.25b y 3.29b; Rosas et al. 1994, Paturi & Myla 2017) y que a su vez favorece la presencia de comunidades macrofaunales que hacen parte de los ítems alimenticios típicos de los crustáceos carnívoros (e.g. poliquetos, moluscos, bivalvos y xantidos (Pérez 1976, Dingle & Caldwell 1978, Laughlin 1982, McTigue & Zimmerman 1991, Lawrence et al. 2008). A su vez, la amplia distribución de las especies *C. sapidus*, *P. aztecus* y *A. spinicarpus*, resulta de la capacidad locomoción que poseen, la cual les permite realizar migraciones entre las lagunas costeras y la zona de plataforma continental (Domínguez et al. 2003, Jensen et al. 2005, Wakida-kusunoki et al. 2010, Lima et al. 2014).

El valor de abundancia registrado en la estación F2 en la zona intermedia ($11.3 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), es atribuible a la elevada cantidad de materia orgánica (2.08%) y carbono orgánico (0.93%), sumado a posibles migraciones de organismos desde la estación F1; teniendo en cuenta la ausencia de diferencias multiestructurales entre estaciones (Figuras 3.25a y 3.28). Por su parte, el valor de abundancia de la estación B2 (52 ind km^{-2}), resulta atípico con respecto a las demás estaciones (Figura 3.25a).

La zona profunda presentó valores superiores a los observados en estaciones ubicadas en la plataforma, siendo esto producto de la elevada abundancia y distribución atípica *P. setiferus* y la presencia de las especies *N. aculeata* y *M. pusilla* en la estación C3; área que exhibió el valor más elevado de materia orgánica de la zona profunda (2.24%).

Los valores de equinodermos influenciaron la abundancia de toda la comunidad, al ser el grupo más abundante del crucero PIII, siguiendo el patrón reportado para la zona norte del GoM por Rowe & Kennicutt (2009), quienes reportan valores más altos a los obtenidos en el presente estudio (Rowe & Kennicutt: $525.3 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; campaña Perdido III: $81.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), mientras que el valor promedio del grupo fue mayor al reportado por Vázquez-Bader et al. (2008) para el Banco de Campeche y la Bahía de Campeche (entre $8.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $1.5 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, respectivamente; campaña Perdido III: $9.0 \pm 13.1 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$); indicando mejores condiciones de hábitat del CPP con respecto las áreas del Banco y Bahía de Campeche, mientras que la diferencia con la evaluación de Rowe & Kennicutt (2009), fue debida a un mayor esfuerzo muestral realizado por los autores. La tendencia heterogénea de la abundancia en el perfil vertical y horizontal del CPP (Figura 3.25a), podría ser resultado de la presencia de relaciones directas e inversas que presentan los equinodermos con la profundidad (Entrambasaguas et al. 2008, White et al. 2012; Figura 3.25a y 3.29).

Los valores de abundancia de las estaciones costeras del crucero PIII estuvieron encontrados dentro del rango reportado por las dos evaluaciones realizadas por Rowe & Kennicutt (2009) en la zona norte del GoM (Rowe & Kennicutt_{DgoMB}: $32.5 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, Rowe & Kennicutt_{NGoMCSS}: $30.8 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; campaña Perdido III: $31 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$). Dichos valores fueron influenciados por presencia de representantes del género *Astropecten* los cuales son predadores que se alimentan de moluscos, equinodermos e invertebrados de menor talla, los cuales dependen del subsidio de materia orgánica por fuentes terrígenas y algas bentónicas, provenientes de la Laguna Madre y áreas aledañas al área evaluada (Clark & Blumer 1967, Blake 1990, Veale et al. 2000, Freeman et al. 2001, Brögger & Penchaszadeh 2008, Wells et al. 2016); lo cual puede ser sustentado por la presencia de *Ophioderma appressa*, ofiuroideo omnívoro que exhibió un valor de abundancia de $0.4 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$, valor intermedio para los equinodermos capturados en la estación F1 (Figura 3.25c).

En la zona intermedia *A. cingulatus* fue la especie responsable de los elevados valores de abundancia de las estaciones D2 y F2, áreas en las que una mayor profundidad y menor concentración de oxígeno podrían favorecer a esta especie al nivel de competencia interespecífica, ya que son estas condiciones las más adecuadas para el desarrollo de las poblaciones de *A. cingulatus*, de acuerdo con la prueba LINKTREE (D2 y F2, $Z < 93\text{m}$, $\text{OD} < 2.71 \text{ mL L}^{-1}$; Figura 3.29).

La abundancia en la estación B2 fue atípica al exhibir una sola especie (*A. alligator*, $0.72 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), teniendo en cuenta las características de hábitat registradas en dicha estación (Figura 3-29). En las estaciones profundas fue posible observar dos comunidades complejas donde las especies sedimentívoras, depositóvoras y detritívoras (*B. natans*, *Holothuria* sp, *M. cubana*, *N. arenatus*, *P. occulatus*), fueron dominadas en términos de abundancia por una especie herbívora de fondo en la estación C3 (*Araeosoma belli*, $0.9 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$) y un carnívoro facultativo en la estación D3 (*A. cingulatus*); lo cual puede resultar de la presencia de valores elevados de *n*-C₃₇ en la estación C3 ($42.09 \mu\text{g kg}^{-1}$), siendo menor la cantidad de especies en la estación D3, aunque dicha zona presentará mayor concentración de *n*-C₃₇ ($54.29 \mu\text{g kg}^{-1}$).

La malacofauna exhibió el valor más elevado de abundancia en la estación F2, debido en mayor medida a la presencia de *M. campechiensis* ($4.3 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), especie que ha sido reportada como una de las 15 especies de importancia comercial presente en la Laguna Madre, siendo su abundancia atribuida al subsidio continental de energía (Mutlu & Ergev 2012, Villalobos-Rojas et al. 2017, Culha & Sahin 2018), factor que beneficia a esta especie filtradora que presenta distribución contagiosa (Hadley & Coen 2004, Raz-Guzmán & Reguero 2017), sumado a la relación directa que presenta con la salinidad, variable que presentó valores relativamente altos de dicha área (36.51), lo cual hace parte del patrón de distribución típico de esta especie (Pattillo et al. 1997).

A su vez, es posible que en el área evaluada haya presencia de dos cohortes anuales (con desoves en enero-marzo y agosto-septiembre; Caso et al. 2004), las cuales sustenten tanto los valores de abundancia registrados de la presente evaluación y su explotación comercial; siendo los valores reportados observados en el CPP importantes en términos de marco de referencia, ya que *M.*

campechiensis se encuentra en un estado sensible por presentar presión pesquera y natural debido al cambio climático (Saupe et al. 2014).

M. campechiensis presentó un mayor rango de distribución en su perfil batimétrico con respecto al reportado por Felder & Camp (2009; $0\text{m} \leq Z \leq 60\text{m}$; campaña Perdido III, $43.2\text{m} \leq Z \leq 90.2\text{m}$), mientras que el gasterópodo carnívoro *Cinguloterebra floridana* fue capturado dentro del rango de distribución batimétrico reportado por Rosenberg et al. (2009, $9\text{m} \leq Z \leq 216\text{m}$; campaña Perdido III=49.4m).

Los valores de abundancia y su relación con la profundidad, debido a la disminución en la concentración de oxígeno o fuentes de alimento, es un tema recurrente en evaluaciones de zonación de malacofauna (Pérez-Peña & Ríos-Jara 1998, Martins et al. 2014, Kuk-Dzul & Díaz-Castañeda 2016), siendo más elevado el valor de oxígeno disuelto en la estación F2 ($F1_{OD}=3.60\text{ mL L}^{-1}$, $F2_{OD}=2.37\text{ mL L}^{-1}$), caso que se presentó en las estaciones de los transectos D y F (Figura 3.29). La tendencia de fluctuación registrada en el transecto C es atípica al exhibir abundancias casi iguales ($C1=0.245\ 10^3\ \text{ind km}^{-2}$ y $C3=0.244\ 10^3\ \text{ind km}^{-2}$); mientras que la tendencia parabólica ha sido reportada para el grupo por Villalobos-Rojas et al. (2017), siendo esto un resultado esperado. Entre tanto, la relación directa exhibida en el transecto F es atribuible a la variabilidad del área evaluada en términos de transporte de nutrientes desde el continente a la costa, producción primaria costera y tasas de sedimentación.

En la zona costera la abundancia de la comunidad fue influenciada por la presencia de *M. campechiensis*, mientras que *Conus cancellatus* exhibió una abundancia baja (Rester 2012~ $0.026\ 10^3\ \text{ind km}^{-2}$; campaña Perdido III= $0.40\ 10^3\ \text{ind km}^{-2}$), siendo esta una posible característica de la especie al interior del GoM (Rester et al. 2017b). En la zona intermedia las abundancias fueron aportadas por la especie *Semicassis granulata*, capturada en dentro del rango de distribución batimétrico reportado por estudios realizados en el Atlántico Sur ($Z=101\text{m}$), siendo una especie frecuentemente colectada como bycatch de pesca con redes de arrastre de fondo (Belz et al. 2018) y presente en áreas de baja turbulencia con tormentas esporádicas (Chakroun & Zaghib-Turki 2017).

La especie *Euvola papyracea* exhibió un rango de distribución geográfico menor al reportado en el GoM (Rester 2012= 46.2%; campaña PIII=33.3%; Figura 3.25d), aunque al ser el segundo molusco más abundante siguió el patrón reportado por Ellis et al. (1996), quienes expresan que es una especie abundante del GoM (campaña PIII=1.3 10³ ind km⁻²). En la zona intermedia *P. tellea* exhibió una abundancia inferior al valor aproximado reportado por Rester (2012) para el GoM, aunque un mayor rango de distribución regional que la reportada por el autor (Rester~2.64 10³ ind km⁻², 6.45%; campaña PIII=0.24 10³ ind km⁻², 44.4%).

En la zona profunda dos especies exhibieron los valores más elevados de biomasa, de las cuales *G. gratula* menor rango de distribución batimétrico (Bartsch & Bartsch 1937, 640m ≤ Z ≤ 1463m; campaña PerdidoIII=544m), mientras que *P. dalli* fue capturada dentro del rango de profundidad en el cual ha sido reportada (Tunnell et al. 2014, 106m ≤ Z ≤ 1,435m). El cnidario *P. disticha* exhibió una distribución atípica al ser capturado a una profundidad de 544m (Calder & Cairns 2009).

Las diferencias multiestructurales identificadas por el análisis SIMPROF, resultaron de diferencias en la calidad de hábitat por estación, identificadas a través de las pruebas BIOENV y LINKTREE; donde el efecto de zonación de la comunidad fue marcado, siendo posible discriminar entre las de estaciones de la plataforma continental y la zona profunda, dejado de lado la escasa fauna capturada en la estación B2 (Tabla 3.8, Figura 3.29). Durante el crucero PIII fue posible identificar a las estaciones D2 y F2 como las zonas con mayor similitud debido a la presencia de las especies *E. Papyracea*, *P. tellea* y *S. granulata* en dichas estaciones, siendo relevante establecer su cohesión en términos poblacionales a través de evaluaciones basadas en biología molecular. Por otro lado, las estaciones B2, C3 y D3 exhibieron estructuras diferentes indicando de ser comunidades aisladas resultantes de la presencia de especies exclusivas.

3.4.8 Biomasa y estructura comunitaria de la megafauna presente en el Cinturón Plegado Perdido (CPP).

Los valores de biomasa promedio de la comunidad evaluada durante el crucero PII, siguieron el patrón de disminución reportado por Thouzeau et al. (1991), aunque el rango batimétrico de los autores fue menor (Thouzeau et al. 1991, 50m ≤ Z ≤ 109m; campaña PII, 50m ≤ Z ≤ 503m), siendo

muy similares a pesar de las diferencias latitudinales y de profundidad. Pequegnat et al. (1990a) reportaron durante la primavera en el oeste del GoM, una tendencia similar en la fluctuación de los valores de biomasa a la observada en el CPP, haciendo evidente patrones generales de comunidades megabentónicas.

El dominio exhibido por los crustáceos en términos de biomasa, ha sido referido para comunidades megabentónicas distribuidas en la zona suroeste del GoM (Soto et al. 1999), sin embargo, el porcentaje de contribución del grupo es diferente entre estudios, ya que durante el crucero PII aportaron el 74.86%, siendo mayor los valores reportados por Soto et al. (1998, 50%) y Rowe & Menzel (1971; 50%); aunque el valor obtenido fue superior a los reportados por Ramirez-Llodra et al. (2010; 72%) y Hossain et al. (1996; 70%), quienes evaluaron comunidades megabentónicas en el Mar Mediterráneo y el Mar de Japón.

Los valores registrados en la zona costera siguieron el patrón reportado por Escobar-Briones & Soto (1997), los cuales presentaron valores dentro del rango reportado por (Piepenburg & Schmid 1996, Piepenburg et al. 1997, Ravelo et al. 2014, $30 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 10,500 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PII, $5 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 107.9 \text{ kg km}^{-2}$), aunque algunos valores estuvieron por debajo de dicho rango. Las diferencias en los valores de biomasa entre estudios pueden ser resultado de la elevada heterogeneidad de hábitat y la interacción de la fauna con los ce estudio la estacionalidad es propuesta como una importante fuente de variabilidad, dado que en el CPP, el fluoranteno y *n*-C₁₂ (Figuras 3.30, 3.32, 3.37).

El fluoranteno en el área evaluada fue de origen petrogénico, su presencia en sedimentos marinos ha sido relacionada con de embarcaciones de transporte y debe ser tenido en cuenta en este tipo de evaluaciones, ya que hace parte de los contaminantes prioritarios y presenta un alto peso molecular con una baja solubilidad, factor que aumenta su residencia en los sedimentos (capítulo II, Tabla 2.9; Zhou et al. 1998, Dincer Kirman et al. 2016, Paul-Pont et al. 2016, González-Fuenzalida et al. 2019); mientras que el *n*-C₁₂ es aportado por fuentes continentales y marinas, producto de la actividad biológica de bacterias, hongos y levaduras (Grimalt & Albaigés 1987, White et al. 2007).

La prueba LIKTREE permitió establecer que concentraciones de fluoranteno inferiores a $15.9 \mu\text{g kg}^{-1}$ y superiores a $9.81 \mu\text{g kg}^{-1}$ no generan efectos negativos sobre la comunidad, mientras que concentraciones de $n\text{-C}_{12}$ entre $12.7 \mu\text{g kg}^{-1}$ y $0.987 \mu\text{g kg}^{-1}$, beneficiarían la estructura comunitaria en términos de biomasa, dado que las estaciones D1 y B1 presentaron dichas concentraciones y exhibieron valores elevados de biomasa (Figuras 3.30 y 3.36). Por otro lado, concentraciones de fluoranteno superiores a $15.9 \mu\text{g kg}^{-1}$ como la registrada en la estación F1, podrían indicar elevados aportes de contaminantes de fuentes continentales y afectar el desarrollo de la comunidad, lo cual debe ser evaluado en futuros estudios.

Los valores de biomasa de las estaciones intermedias fueron inferiores a los reportados por Piepenburg & Schmid (1996) y Bluhm et al. (2009) ($100 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 11,936 \text{ kg km}^{-2}$), para el rango de profundidad de las estaciones ubicadas en esta área (campana PII, $73.4\text{m} \leq Z \leq 107.9\text{m}$; $17.07 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 55.32 \text{ kg km}^{-2}$). Dichos autores atribuyen los valores reportados a la estructura del suelo marino y el aporte de nutrientes de fuentes continentales, como los factores más influenciaron la biomasa de la comunidad que evaluaron; mientras que en la zona intermedia evaluada durante el crucero PII, valores elevados de salinidad (>36.4) y profundidad ($>83\text{m}$), fueron los factores responsables de la separación de la zona costera y menor influencia de los aportes continentales, evidenciado en las concentraciones de fluoranteno (Figura 3.30a y 3.36). A su vez, en estas estaciones fue evidente el papel del $n\text{-C}_{12}$ almacenado en los sedimentos; ya que las estaciones con elevados valores de biomasa exhibieron concentraciones de este compuesto mayores a $14.9 \mu\text{g kg}^{-1}$ ($F_{2\text{AFDW}} = 55.32 \text{ kg km}^{-2}$, $F_{2\text{C}_{12}} = 20.54 \mu\text{g kg}^{-1}$; $C_{2\text{AFDW}} = 42.15 \text{ kg km}^{-2}$, $D_{2\text{C}_{12}} = 16.08 \mu\text{g kg}^{-1}$; Figura 3.30 y 3.36).

Los valores de biomasa registrados en la zona profunda fueron inferiores a reportados en otras áreas geográficas ($22.29 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 11,936 \text{ kg km}^{-2}$, Lampitt et al. 1986, Piepenburg & Schmid 1996, Thurston et al. 1998, Howell et al. 2002, campana PII, $7.89 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 22.78 \text{ kg km}^{-2}$), donde la profundidad, latitud, tamaño medio de grano, salinidad, temperatura del suelo y ausencia de depredadores, fueron los factores responsables de los valores de biomasa de acuerdo a dichos autores; siendo dicho patrón observado a grandes rasgos en el CPP, dada la interacción entre la profundidad y la salinidad, con las estaciones ubicadas en la zona de plataforma y la zona profunda (Figura 3.36).

Aunque los valores de biomasa promedio exhibieron el patrón de zonación típico reportado para comunidades megabentónicas en la zona norte del GoM y otras áreas geográficas (Rowe & Kennicutt 2009, Ramírez-Llodra et al. 2010b, Ramos et al. 2017), el patrón exhibido por el transecto D fue atípico a todos los reportados para megafauna bentónica (parabólica, inversa y directa; Thouzeau et al. 1991, Piepenburg et al. 1996, Ramirez-Llodra et al. 2010, Ramos et al. 2017, Villalobos-Rojas et al. 2017), esto debido a que la biomasa registrada en la estación D3 fue más elevada a la registrada en la estación D2 y a la estación C3; lo cual fue atribuido a una mayor concentración de $n\text{-C}_{12}$ en la estación D3, con respecto al registrado en las estaciones D2 y C3 ($D2_{C_{12}} = 14.90 \mu\text{g kg}^{-1}$, $C3_{C_{12}} = 0.63 \mu\text{g kg}^{-1}$, $D3_{C_{12}} = 21.36 \mu\text{g kg}^{-1}$), beneficiando la presencia de una comunidad dominada por organismos detritívoros, sedimentívoros y carnívoros, que explotan los recursos presentes del suelo y los provenientes de la columna de agua (Sebens 1980, McClintock & Lawrence 1985, Morgan 1990, Amaro et al. 2010).

La influencia de los crustáceos sobre la biomasa total de la comunidad con valores elevados de biomasa en las zonas costeras, es característico de comunidades megabentónicas y de la distribución de la biomasa entre los taxa en la plataforma continental (Lampitt et al. 1986, Amakawa et al. 1996, Abelló et al. 2002). Durante el crucero PII los crustáceos exhibieron valores inferiores a los reportados para el grupo en otras áreas geográficas (Billett et al. 2002, Lamptey 2015, $72.4 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 92.7 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PII, $2.41 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 104.1 \text{ kg km}^{-2}$), aunque los valores de biomasa relativa fueron más elevados que los reportados en el suroeste del GoM (Soto et al. 1999, 50%, campaña PII, ~75%).

En términos de biomasa promedio el patrón de zonación de los crustáceos durante el crucero PII siguió el patrón general reportada para este grupo por Ramírez-Llodra et al. (2010) y Ramos et al. (2017), el cual se observó en los transectos D, C, y B; siendo influenciados en mayor media por las concentraciones de acenaftileno que con la profundidad ($\rho = -0.75$), lo cual responde a la relación inversa entre estas dos variables. En el transecto B la relación fue directa típica de equinodermos, podría resultar del aumento de la salinidad ($B1=36.377$, $B2=36.403$).

En la zona costera los valores de biomasa de los crustáceos fluctuaron dentro del rango reportado para el GoM y otras áreas geográficas, los cuales fueron atribuidos a la elevada heterogeneidad estructural del suelo marino, la presencia de especies autógenas, aportes continentales y conexión

entre desembocaduras y zonas costeras (Figura 3.30b; Rester et al. 1999, Billett et al. 2001, Witbaard et al. 2013, Lamprey 2015; $1.92 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 5,000 \text{ kg km}^{-2}$); siendo la heterogeneidad del suelo el único factor claramente compartido entre evaluaciones, dada la escasa presencia de especies autógenas y la ausencia de desembocaduras de ríos en el área evaluada. A pesar de dichas condiciones, los valores de biomasa de los crustáceos en la zona costera, debieron ser influenciados por aportes continentales responsables de las elevadas concentraciones de acenaftileno ($\text{AcNti} > 1.79 \mu\text{g kg}^{-1}$) y fluoranteno ($\text{Flte} > 9.81 \mu\text{g kg}^{-1}$); compuestos irritantes y con posibles capacidades mutagénicas (Gracia 2006), siendo esto evidencia de la necesidad de mantener programas de monitoreo en el CPP, teniendo en cuenta la presencia de especies de importancia comercial.

Valores elevados de biomasa de *C. sapidus* en la zona costera responden al amplio rango de presas óptimas para la especie, que le permite prosperar en ambientes terrígenos como el CPP (Laughlin 1982, Rosas et al. 1994, Boudreau & Worm 2012). Aunque en el suroeste del GoM *C. sapidus* es reportada como una especie de baja contribución a la biomasa de comunidades de miembros de la Familia Portunidae (<1%, Gracia-Montes et al. 1987). Por su parte, Domínguez et al. (2003), reportan a *C. sapidus* como una especie dominante en términos de biomasa en la laguna costera Mecoacán, exhibiendo valores de $29 \text{ kg AFDW km}^{-2}$, el cual es superior a los registrados en las estaciones F1 y B2 ($1.95 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 3.09 \text{ kg km}^{-2}$), pero inferior a los observados en las estaciones C1, B1 y D1 ($42.40 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 74.71 \text{ kg km}^{-2}$); valores que siguen el patrón de elevada contribución reportada para la especie en la suroeste de Estados Unidos y que en el caso de las estaciones B1 y D1, se encuentran dentro del rango reportado en la zona norte de GoM (Donaldson et al. 1996; $49 \pm 68.9 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 688.96 \pm 344.54 \text{ kg km}^{-2}$).

En la zona intermedia los valores estuvieron por debajo del rango reportado por Witbaard et al. (2013, $1,600 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 2,900 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PII, $6.51 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 24.76 \text{ kg km}^{-2}$), siendo el área evaluada por dichos autores fuertemente influenciada por aportes continentales, característica a la cual se le atribuyen las diferencias entre evaluaciones.

En la zona intermedia *P. aztecus* exhibió el mismo rango de distribución reportada en la zona terrígena del Banco de Campeche, indicando que *P. aztecus* podría estar explotando los recursos disponibles en condiciones similares a en ambas áreas; aunque los valores de biomasa del suroeste

del GoM fueron en mayor medida superiores a los observado en el CPP, exceptuando la estación F2 (Soto 1980, Soto & Botello 1982, Escobar-Briones & Soto 1997, $8 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 28 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PII, $0.13 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 14.54 \text{ kg km}^{-2}$), indicando que el suroeste del GoM podría presentar una mejor calidad de hábitat para esta especie.

La especie *P. aztecus* se beneficia de fuentes autóctonas de carbono almacenado en los sedimentos (*n*-C₁₂; Anexo capítulo II, Tabla 9.5); siendo la presencia del bifenilo en el CPP, la variable responsable de las diferencias en los valores de biomasa entre estudios. Este compuesto presentó valores relativamente altos en la zona intermedia, atribuidos a la presencia de sedimentos de tamaños de grano pequeños y al ser hidrofóbico presenta una gran persistencia en el medio, incorporándose en la trama trófica, siendo de elevado riesgo ambiental por ser tóxico, mutagénico y cancerígeno (Lara-Martín et al. 2005), razón por la cual teniendo en cuenta que la especie que presentó el valor más elevado de biomasa tiene importancia comercial, es importante mantener en el área un plan de vigilancia y monitoreo permanente.

La elevada importancia de *C. sulcata* en la zona intermedia (estación C2), fue resultado de ser capturada dentro del rango batimétrico y tipo de sedimento donde suele distribuirse; sin embargo, el valor de biomasa registrado en dicha estación es muy inferior a los reportados para el suroeste del GoM y la zona norte del mismo (campaña PII, $5 \text{ kg AFDW km}^{-2}$; Donaldson et al. 1996, Ruiz 2008, Rester et al. 2017a, $810.55 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ y $49,394 \text{ kg AFDW km}^{-2}$); lo cual es atribuido a diferencias en las fechas de muestreo, ya que Ruiz (2008) obtuvo el valor más elevado de la especie en primavera, mientras que la campaña PII fue realizada en otoño. A su vez, en esta zona *A. spinicarpus* exhibió un patrón similar al reportado en el suroeste del GoM, donde domina los valores de biomasa de cangrejos portunidos (Soto et al. 1982).

En la zona profunda los crustáceos exhibieron valores entre $3.06 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ y $10.32 \text{ kg AFDW km}^{-2}$, los cuales estuvieron por debajo del rango reportado por Billet et al. (2002, $17.2 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 55.2 \text{ kg km}^{-2}$), lo cual es atribuido a la heterogeneidad del suelo y presencia de especies autógenas capturadas en la evaluación de Billet et al (2002). En esta zona los crustáceos más importantes fueron *C. ornatus* y *P. setiferus*, los cuales exhibieron rangos batimétricos más amplios durante el crucero PII, que los reportados por evaluaciones previas (Felder et al. 2009, Giraldes et al. 2012, *C. ornatus* $37\text{m} \leq Z \leq 366\text{m}$, *P. aztecus* $1\text{m} \leq Z \leq 110\text{m}$; campaña PII, 104

$m \leq Z \leq 503.4m$); razón por la cual sus valores de biomasa puede ser considerados atípicos, aunque el carácter detritívoro y omnívoro de estas especies, pudo favorecerlas para aprovechar de manera directa o indirecta las elevadas concentraciones de materia orgánica, $n-C_{12}$ y $n-C_{13}$ presentes en las estaciones C3 y D3 (Anexo capítulo II y III, Tablas 1.5 y 2.15).

Los valores de biomasa reportados para los equinodermos estuvieron dentro del rango reportado por evaluaciones previas, realizadas en un rango batimétrico mucho más amplio que el evaluado en el presente estudio (Piepenburg et al. 1996, Bluhm et al. 1998, Thurston et al. 1998, Billett et al. 2002, 2010, Rowe et al. 2009, Ravelo et al. 2014b, Lamptey 2015, $0.10 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 30,975.8 \text{ kg km}^{-2}$; Perdido II, km^{-2} , $0.44 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 33.65 \text{ kg km}^{-2}$; Figura 3.30c).

En la zona costera la biomasa de los equinodermos fue inferior a la reportada por Hamerlynck et al. (1992, 1993) y Lamptey (2015), quienes reportan valores de biomasa entre $1,100 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ y $11,000 \text{ kg AFDW km}^{-2}$, obtenidos en el delta de Grevenlingen, donde son elevados aportes de materia orgánica continental, y en la zona de plataforma de Guinea, que exhibe elevados valores de producción primaria; siendo dichas condiciones ambientales más favorables que las observadas en el CPP (campana PII, $0.44 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 3.54 \text{ kg km}^{-2}$).

Los valores de biomasa reportados por Donaldson et al. (1996) y Rester et al. (1999) para *L. clathrata* en la zona norte del GoM fueron superiores a los registrados en la zona costera durante el crucero PII (Donaldson et al. 1996 y Rester et al. 1999, $46.21 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 92.97 \text{ kg AFDW km}^{-2}$; campaña PII, 1.6 kg km^{-2}), mientras que *A. cingulatus* y representantes del género *Luidia* son reportadas como especies dominantes excluyentes al estar expuestas a elevadas aportes de fuentes de energía (De Léo & Pires-Vanin 2006), que en el CPP sería principalmente de fuentes continentales, los cuales beneficiarían la presencia de sus principales ítems alimenticios (bivalvos, cumáceos y gasterópodos; Ventura et al. 2001). Los valores de biomasa reportados en la zona norte del GoM para *A. cingulatus* fueron más altos a los registrados en las estaciones B1 y D1 (Donaldson et al. 1996, Rester et al. 1999, $21.19 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 34.75 \text{ kg km}^{-2}$; campana PII, $1.38 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 1.43 \text{ kg km}^{-2}$).

En la zona intermedia los valores de biomasa del grupo fueron más elevados que los registrados en las estaciones menos profundas (Figura 3.30c), siendo esto un patrón de zonación típico del

grupo, observado en los transectos D y F (Ramos et al. 2017). Los biomasa de los equinodermos en esta zona fueron inferiores a los reportados para el grupo en el mismo rango de profundidad ($73.4\text{m} \leq Z \leq 107.9\text{m}$; Bluhm et al. 1998, $500 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 1,000 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PII, $0.52 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 33.56 \text{ kg km}^{-2}$); el patrón de valores en el CPP es atribuido a la presencia de zonas de acumulación de sedimentos y materia orgánica resultado del relieve marcadamente irregular, factor detectado durante las campañas oceanográficas y ser citado como una característica del suelo marino que promueve elevados valores de abundancia, biomasa y diversidad en las zonas intermedias del talud, escarpes y cañones submarinos (De Leo et al. 2010, Ichino et al. 2015, Fernandez-Arcaya et al. 2017).

En la zona intermedia la elevada biomasa de *A. cingulatus* podría estar respondiendo la presencia de uno o varios recursos que permiten su desarrollo y promueven el crecimiento poblacional, dado que es altamente competitiva y excluye otras especies ante importantes fuentes de nutrientes (De Léo & Pires-Vanin 2006); mientras que los valores bajos de *A. punctulata* podrían ser producto de bajas concentraciones de Chla registradas en el área (4 mg m^{-3} ; Anexo capítulo II Tablas 1.5).

En la zona profunda los valores registrados en las estaciones C3 y D3 fueron muy bajos en comparación a los reportados para el grupo en diferentes latitudes (Smith & Hamilton 1983, Billett et al. 2002, 2006, $16.62 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 16,274 \text{ kg km}^{-2}$, campaña PII, $4.66 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 4.84 \text{ kg km}^{-2}$; Figura 3.30c); lo cual podría considerarse atípico dado que ninguna de las estaciones exhibió valores elevados de biomasa cercanos al 90% debido a la presencia de holotúridos en la zona profunda (Billett et al. 2010), en su lugar *Amphiophiura oedignatha* especie exclusiva de zonas profundas, aportó el 99% en la estación C3 (Pawson et al. 2009), mientras que en la estación D3 los holotúridos aportaron el 70.48%, y el conjunto de asteroideos y ofiuroideos aportaron el 29.51%.

En la estación D3 *Molpadia musculus* aportó el 29%, siendo el equinodermo más importante en términos de biomasa y exhibiendo el patrón de contribución reportado para la especie en zonas profundas (Cartes et al. 2014); lo cual pudo ser producto de los elevados valores de *n*-C₁₂ registrados en el área, dado su carácter infaunal y siendo responsable de los procesos de bioirrigación y bioturbación (Smith et al. 2006, Amaro et al. 2010, De Leo et al. 2010, Siciński et al. 2011),.

Los moluscos evaluados durante el crucero PII en las zonas de plataforma y profunda estuvieron en la mayoría de los casos dentro del rango reportado para el grupo, siendo las estaciones D1 y C3 las áreas con valores por debajo del rango reportado por (Billett et al. (2002), Ganmanee et al. (2004), Maximov et al. (2014) y Lamptey (2015; $0.43 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 288 \text{ Ton km}^{-2}$; campaña PII, $0.08 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 16.91 \text{ kg km}^{-2}$). Las relaciones registradas con la profundidad presumiblemente parabólica para todos los transectos han sido reportados por Sibuet et al. (2018), en los valores de diversidad de bivalvos en el GoM y reportada para el grupo por Villalobos-Rojas et al. (2017); mientras que las relaciones inversas observadas en los transectos F y B han sido reportados para equinodermos (Ramos et al. 2017).

A su vez, la importancia de la salinidad como variable determinante para la estructura comunitaria de la malacofauna, se debe a la influencia de esta variable en la distribución de los miembros de este taxa; el cual exhibe un menor número de especies eurihalinas conforme aumenta la profundidad, determinando la supervivencia de las larvas al exhibir valores bajos ($S \leq 17$), disminuyendo su actividad y tasas metabólicas (Shumway 1979, Resgalla et al. 2007, Génio et al. 2008).

El patrón típico de dominancia de la malacofauna megabentónica en la zona costera, suele estar compuesto por especies de las familias Buccinidae y Naticidae, los cuales son carnívoros carroñeros (Feder et al. 1994); sin embargo, la única especie de dichas familias fue *Busycoarctum coarctatum* distribuida exclusivamente en la estación D1 (Figura 3.30d), siendo su explotación comercial en la Laguna Madre y vulnerabilidad ante actividades con redes de arrastre, los factores responsables de la distribución restringida exhibida por la especie (García-Cubas 2007, Reguero & Raz-Guzmán 2018).

Mercenaria campechiensis al igual que *B. coarctatum*, es explotada comercialmente en ecosistemas aledaños del área evaluada y exhibió valores elevados de biomasa en las estaciones B1 y F1, donde fueron observados altas concentraciones de fluoranteno y $n\text{-C}_{12}$ (Anexo capítulo II, Tabla 9.5); siendo necesario realizar evaluaciones a largo plazo que permitan establecer el grado de interacción en términos de bioacumulación entre las poblaciones de esta especie filtradora y el fluoranteno, compuesto que se mantiene por largos periodos de tiempo en los sedimentos (Montgomery et al. 2008, Dincer Kirman et al. 2016, Paul-Pont et al. 2016).

Los valores elevados de biomasa de la especie podrían también ser resultado de la interacción de su crecimiento agregado y ser bivoltina en el GoM, donde el rango de temperatura es el ideal para el desarrollo ($22.63 \leq ^\circ\text{C} \leq 36.41$; Pattillo et al. 1997), aunque los valores de salinidad no lo sean ($S > 33$; Pattillo et al. 1997); siendo este factor el posible responsable de presentar valores de biomasa inferiores a los reportados en el norte del GoM (Rester et al. 2017, $15.58 \text{ kg AFDW km}^{-2}$; campaña PII, $0.78 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 3.30 \text{ kg km}^{-2}$). Entre tanto, la información de biomasa de *Conus stimpsoni* está restringida a la presente evaluación, a pesar de ser una especie con una amplia distribución en el GoM entre los 42m a 196m de profundidad (Rosenberg et al. 2009).

En la zona intermedia *Polystira tellea* exhibió los valores más elevados de biomasa en la estación F2, donde se presentó la mayor concentración $n\text{-C}_{12}$ y valores altos de salinidad (Anexo capítulo II, Tabla 9.5); siendo el primer factor fundamental para sus ítems alimenticios (poliquetos, Todd & Johnson 2013), mientras que el segundo puede estar asociado al rango de profundidad en el cual típicamente se distribuye (Rosenberg et al. 2009, $53\text{m} \leq Z \leq 439\text{m}$). El valor de biomasa de *Polystira tellea* en la estación F2 estuvo dentro del del rango reportado para la zona norte del GoM, siendo inferiores los observados en las estaciones C2 y D2 (Donaldson et al. 1996, $1.22 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 14.66 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PII, $0.19 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 6.99 \text{ kg km}^{-2}$).

A pesar de no estar reportada para el GoM por Rosenberg et al. (2009), la especie *Sconsia grayi* fue capturada en el rango de profundidad descrito para el género *Sconsia* por dichos autores (Rosenberg et al. 2009, $27\text{m} \leq Z \leq 640\text{m}$), exhibiendo valores de biomasa inferiores aunque cercanos a los rangos reportados por Donaldson et al. (1996) y Rester et al. (2017a; $6.92 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 12.98 \text{ kg km}^{-2}$, campaña PII, $0.48 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 6.03 \text{ kg km}^{-2}$).

La especie *E. papyracea* al ser abundante en el noroeste del GoM (Ellis et al. 1996), su presencia en tres estaciones y haber sido capturada al interior del rango de profundidad reportado por otros autores, indica que en el CPP siguió su patrón general de distribución (Turgeon et al. 2009, $33\text{m} \leq Z \leq 251\text{m}$); sin embargo, la población del área evaluada exhibió valores mucho más bajos de biomasa a los reportados para el norte del GoM (Donaldson et al. 1996, Rester et al. 2017a, $0.67 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 1.24 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PII, $0.003 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 1.03 \text{ kg km}^{-2}$), resultado atribuido al número de estaciones evaluadas por los autores (entre 45 a 77 estaciones). Entre tanto, la especie *Anadara secernenda* no se encuentra reportada en el GoM.

En la zona profunda la especie *Propeamussium dalli* fue capturada en las dos estaciones, siendo exclusivas de esta zona y presentando el valor más alto de biomasa en la estación D3 (Figura 3.30d); siendo esto indicador de una elevada cantidad de presas en dicha área, dado que *P. dalli* es carnívoro (Morton & Thurston 1989, Tunnell et al. 2010, Schneider et al. 2013), aunque se ha reportado que esta especie cuenta con la capacidad de ser filtradora (Tunnell et al. 2010). Entre tanto, en la estación C3 *Amygdalum politum* presentó un valor bajo de biomasa y distribución restringida, a pesar de ser capturada dentro del rango batimétrico reportado para la especie (Turgeon et al. 2009, $106\text{m} \leq Z \leq 1829\text{m}$); sin embargo, la presencia de predadores podría haber afectado la distribución de *A. politum*, ya que es una especie filtradora referida como una de las especies más comunes en la zona profunda de la zona norte del GoM (Tyler 2003, Rowe & Kennicutt 2009).

Los cnidarios distribuidos en la zona profunda del CPP exhibieron rangos de distribución batimétricos atípicos (Figura 3.30e), siendo reportados para zonas someras entre 0m y 2m de profundidad del GoM (Fautin & Daly 2009); aunque la estación C3 exhibió sedimentos muy finos con un 25% de lodos y arcillas donde *Anthopleura krebbsi* suele enterarse esta especie dejando su corona expuesta (Phillips et al. 2008). Los valores registrados en la zona profunda siguieron el patrón reportado para los actinarios de la zona profunda (*A. krebbsi*, $7.05 \text{ kg AFDW km}^{-2}$), dado suelen exhibir elevados valores de biomasa (Galéron et al. 2000, Thresher et al. 2014). Al igual que *A. krebbsi* la especie *Pennaria disticha* exhibió un rango de distribución batimétrico atípico, ya que ha sido reportada en profundidades entre los 0m a 29m (Calder & Cairns 2009a, Aguilar 2013).

En cuanto a los valores de biomasa de *Aplysina fulva* son atribuibles a la presencia de una importante fuente de nutrientes de origen continental en la estación F1 (Figura 3.30f), área en la cual fueron capturados representantes de la especie. A su vez, *A. fulva* ha sido reportada como una especie dominante en términos de biomasa (Carballo & Bell 2017), siendo el valor de biomasa registrado para la especie típico a los reportados para el grupo ($1.00 \text{ kg AFDW km}^{-2}$), al encontrarse dentro del rango reportado para poríferos distribuidos entre 55m a 105m de profundidad (Thouzeau et al. 1991; $0.004 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 1.05 \text{ kg km}^{-2}$).

El gradiente observado en los análisis de clasificación y ordenación, reflejaron las diferencias marcadas en el rango de tolerancia ante las fluctuaciones de las variables fisicoquímicas (Shumway

1979, Resgalla et al. 2007, Génio et al. 2008), siendo la profundidad y la salinidad las variables más importantes. La profundidad al estar relacionada con la presión hidrostática es responsable de la selección ambiental de las especies a lo largo de gradiente batimétrico (Galéron et al. 2000, Laxson et al. 2011, Brown & Thatje 2014), en el cual las características estructurales del suelo así como la dinámica espacio-temporal local determina la disponibilidad de alimento (Thresher et al. 2014); mientras que la salinidad es responsable del gradiente horizontal en áreas con presencia de lagunas costeras (Zettler et al. 2007), siendo otro factor responsable de las distancias observadas entre las estaciones costeras, intermedias y profundas en el CPP (Figura 3.36).

Las diferencias observadas entre los tres grupos aportados por la prueba SIMPROF, son atribuidas a los rangos de distribución batimétrica, factor que ha sido observado en los valores de biomasa de comunidades megabentónicas de otras áreas (Galéron et al. 2000, Thresher et al. 2014, Ichino et al. 2015), y comprobado con los resultados aportados por las pruebas BIOENV y LINKTREE, así como por la falta de especies compartidas entre la zona profunda y la de plataforma, junto a la escasa presencia de especies compartidas entre las estaciones costeras y las intermedias (*P. aztecus* y *A. cingulatus*; Tabla 3.10).

Al igual que durante el crucero PIII, los valores promedio de biomasa, así como los valores totales de los transectos F, C y D, exhibieron el patrón de zonación típica (relación inversa), reportado por diversos autores para el GoM y otras áreas (Pequegnat et al. 1990a, Thouzeau et al. 1991, Mayer & Piepenburg 1996, Piepenburg et al. 1996, Ramirez-Llodra et al. 2010, Ramos et al. 2017; Figura 3.33a). El patrón de zonación exhibido por el transecto D ha sido reportado para la biomasa de comunidades megabentónicas del Cañón de Blanes, la carcinofauna de Mauritania y malacofauna del océano Pacífico (Ramírez-Llodra et al. 2010b, Ramos et al. 2017, Villalobos-Rojas et al. 2017).

Los valores de biomasa de la zona costera fueron superiores a los registrados en el crucero PII (campana PII, $5 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 107.9 \text{ kg km}^{-2}$; campana PIII, $16.20 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 25.37 \text{ kg km}^{-2}$), atribuido al conjunto de variables que más influenciaron la comunidad durante dicho crucero (fluoranteno y *n*-C₁₂), mientras que en el crucero PIII fue la concentración de *n*-C₃₇, compuesto aportado por fuentes mixtas de microalgas marinas y fuentes continentales (Boot et al. 2006, Goni et al. 2009, Xing et al. 2011), lo cual sería evidencia de los valores elevados de clorofila

en la plataforma continental del estado de Tamaulipas en ausencia de surgencia, la cual se da durante el verano en el mes de agosto (Zavala-Hidalgo et al. 2006). A su vez, los valores de biomasa reportados para el área evaluada son menores a los registrados por otros autores, siendo esto atribuible al igual que en el crucero PII a diferencias estructurales del hábitat que permiten la presencia de una comunidad compuesta por organismos de gran tamaño (Piepenburg & Schmid 1996, Piepenburg et al. 1997, Ravelo et al. 2014, $30 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 10,500 \text{ kg km}^{-2}$).

En las estaciones intermedias los valores de biomasa siguieron un patrón diferente al observado en el crucero PII, ya que el valor promedio y el rango de fluctuación de dichos valores fue menor a las registradas durante el crucero PII (campana PII, $17.07 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 55.32 \text{ kg km}^{-2}$, campana PIII, $0.48 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 45.07 \text{ kg km}^{-2}$; Figuras 3.30 y 3.33); lo cual puede estar relacionado con una menor concentración de OD en las estaciones intermedias, dado que la estación con valor más elevado de esta variable presentó el valor más elevado de biomasa (D2, $\text{OD}=2.71 \text{ mL L}^{-1}$, $\text{AFDW}= 45.07 \text{ kg km}^{-2}$; Figura 3.33) y ser reportado como el factor ambiental con mayor influencia sobre los valores de biomasa de comunidades bentónicas (Rosenberg 1983).

Aunque la concentración de OD en la estación B2 fue menor a la observada en la estación B1 (3.57 mL L^{-1} y 2.38 mL L^{-1} , respectivamente); diferencias en la concentración de $n\text{-C}_{37}$, fueron las responsables de la separación de esta estación del resto del grupo (), siendo un área con escasos representantes de la megafauna, presentando dos especies (*Astropecten alligator* y *Platylambrus granulatus*).

En las estaciones profundas los valores de biomasa la estación C3 presentó el valor más alto de biomasa, exhibiendo un patrón diferente al observado en el crucero PII (Figuras 3.30 y 3.33). En el crucero PIII en la estación C3 se registró el valor más elevado de MO y una elevada concentración de $n\text{-C}_{37}$, presentando suficiente energía para el desarrollo de una comunidad de invertebrados con elevados valores de biomasa debidos a la presencia de *P. setiferus*, *N. aculeata* y la presencia de equinoideos (e.g. *Araeosoma belli*) y holotúridos (*P. occultatus*, *B. natans*, *Holothuria* sp, *M. cubana*), que no se observaron en la campaña anterior, son bioindicadores de dicha condición, debido que son los primeros colonizadores de áreas afectadas por estos eventos (Jones et al. 2007a).

En el crucero PIII los crustáceos mantuvieron sus valores relativos en términos de biomasa, al ser el grupo con mayor contribución (64%); sin embargo, dicho valor disminuyó con respecto al del crucero PII debido a diferencias en los valores registrados en las especies *P. aztecus* y *C. sapidus*, que en el caso de esta última especie disminuyó en un 70%, mientras que *P. aztecus* presentó una disminución del 65%, siendo dichas disminuciones atribuidas a la explotación comercial de estas especies (Hinojosa-Ochoa 2018).

El rango de valores observado para los crustáceos fue inferior al registrado en el crucero PIII (campana PII, $5 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 107.9 \text{ kg km}^{-2}$; campana PIII, $0.019 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 21.34 \text{ kg km}^{-2}$), los cuales fueron inferiores a los reportados para el grupo (Lamprey 2015, $72.4 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 92.7 \text{ kg km}^{-2}$), siendo esta diferencia atribuida a la explotación comercial de las especies con mayor contribución a la biomasa de la comunidad. El patrón de zonación fue inverso en todos los transectos, siendo este característico del grupo, al ser reportado en evaluaciones de mega y macrofauna (Mutlu & Ergev 2013, Ramos et al. 2017), patrón que resulta de la influencia ejercida por la profundidad sobre la biomasa de este componente de la comunidad y que evidenciado a través de la información aportada por la prueba BIOENV.

El efecto del oxígeno sobre la carcinofauna ha sido citado como una variable que al exhibir valores bajos afecta la abundancia y diversidad del grupo (Cartes & Sarda 1993, Hendrickx 2006), el cual puede extenderse a los valores de biomasa, ya que ante bajas concentraciones de OD se observaron valores bajos de biomasa.

Se podría inferir un bajo efecto de los hidrocarburos en las estaciones B1 y D1, ya que dichas estaciones exhibieron concentraciones de UCM entre $9.14 \cdot 10^3 \mu\text{g kg}^{-1}$ y $1.05 \cdot 10^4 \mu\text{g kg}^{-1}$, mientras que las concentraciones de Benzo(b)fluoranteno fueron superiores a $3.81 \mu\text{g kg}^{-1}$, presentando los valores de biomasa más elevados del grupo y en la zona costera (B1= $17.3 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ y D1= $21.3 \text{ kg AFDW km}^{-2}$); área donde *C. sapidus* exhibió una elevada importancia, lo cual es atribuido nuevamente a su capacidad de utilizar diversas fuentes de alimento, siendo un especie con mayor importancia en el CPP que en el suroeste del GoM (Laughlin 1982, Gracia-Montes et al. 1987, Rosas et al. 1994, Domínguez et al. 2003, Boudreau & Worm 2012) y que exhibió valores de biomasa inferiores a los registrados en el crucero PII y los reportados para la especie por Donaldson

et al. (1996, $49.00 \pm 68.9 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 688.96 \pm 344.54 \text{ kg km}^{-2}$, campaña PIII, $1.67 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 8.37 \text{ kg km}^{-2}$).

Los valores de biomasa de crustáceos en la zona costera fueron inferiores a los registrados en el crucero PII (campaña PII, $2.41 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 104.1 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PIII, $13.76 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 21.34 \text{ kg km}^{-2}$), siendo al igual que en el crucero PII, inferiores a los registrados para el grupo en el GoM por Rester et al. (1999); lo cual es atribuido al esfuerzo muestral de los autores, aunque es necesario establecer la presencia de un patrón general entre los valores exhibidos por el grupo en el oeste y el norte del GoM.

En las estaciones costeras, los valores de biomasa de *P. aztecus* fueron superiores a los registrados para la especie en el crucero PII (campaña PII, $0.13 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 7.30 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PIII, $7.34 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 13.83 \text{ kg km}^{-2}$), lo cual es atribuido a una mayor competencia por recursos en la campaña anterior, en la cual hubo mayor riqueza de especies y *C. sapidus* exhibió los valores más elevados en esta área (Anexo capítulo III, Tablas 9.18, 9.19). Los valores de biomasa registrados de *P. aztecus* fueron inferiores con respecto a los reportados para otras áreas del GoM (Soto 1980, Soto & Botello 1982, Escobar-Briones & Soto 1997, $8 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 28 \text{ kg km}^{-2}$).

La especie *P. setiferus* al igual que *P. aztecus* exhibió distribución restringida y un valor de biomasa más elevado de al rango reportado en el crucero PII, ($F_{1\text{PIII}}, P. \text{setiferus} = 7.80 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PII, $0.68 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 1.49 \text{ kg km}^{-2}$), siendo inferior el valor de biomasa con respecto al rango reportado en la zona norte del GoM (Rester et al. 1999, $49 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 787.41 \text{ kg km}^{-2}$), lo cual es atribuido a un mayor esfuerzo muestral de la evaluación realizada por Rester et al. (1999).

En la zona intermedia los valores de biomasa de los crustáceos fluctuaron entre $0.019 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ y $11.37 \text{ kg AFDW km}^{-2}$, siendo muy inferiores a los reportados para este rango batimétrico por Witbaard et al. (2013) y Lamptey (2015), lo cual es atribuido a las diferencias de hábitat comentadas con anterioridad. En esta zona los valores de biomasa de *P. aztecus* fueron 28.81% inferiores a los registrados en el crucero PII (campaña PII, $0.42 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 14.54 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PIII, $7.60 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 9.50 \text{ kg km}^{-2}$); producto de la ausencia de captura en la

estación C2, debido a problemas metodológicos al momento del muestreo y a las actividades pesqueras realizadas en el área (Wakida-kusunoki 2006). Al igual que *P. aztecus*, los valores de biomasa de *P. setiferus* fueron inferiores a los registrados en el norte del GoM por Donaldson et al. (1996; $49 \pm 68.9 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 688.96 \pm 344.54 \text{ kg km}^{-2}$).

En el conjunto de estaciones intermedias *Raninoides laevis* presentó valores inferiores a los reportados para el suroeste del GoM por Ruiz et al. (2013, $406 \text{ kg AFDW km}^{-2}$; campaña PIII, $0.41 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 9.50 \text{ kg km}^{-2}$) y para la zona norte por Rester et al. (1999, 2017a, $16.41 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 98.45 \text{ kg km}^{-2}$); indicando mejores condiciones para el desarrollo de esta especie en la zona suroeste que en el norte del GoM.

Mientras que *Platylambrus granulatus* fue el único crustáceo capturado en la estación B2 y presentó un valor de biomasa muy bajo con respecto a los reportados en el suroeste y la zona norte del GoM (Ruiz et al. 2013, Rester et al. 2017a, $2.14 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 302.22 \text{ kg km}^{-2}$), siendo esto un patrón particular de la estación durante el crucero PIII, que podría estar relacionado con menores concentraciones de *n-C₃₇* ($23.67 \mu\text{g kg}^{-1}$); aunque esto no implicaría la ausencia de fuentes de alimento para *P. granulatus* dado que es sedimentívoro, sumado a la relación inversa entre *n-C₃₇* y la clorofila de fondo, que permite plantear la existencia de varias fuentes de alimento y por tanto la presencia de factores externos responsables de los valores observados.

Al igual que en las estaciones de plataforma, los crustáceos en la zona profunda exhibieron valores de biomasa más bajos a los registrados en el crucero PII (campaña PII, $3.06 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 10.33 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PIII, $1.29 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 8.57 \text{ kg km}^{-2}$; Figuras 3.30b y 3.33b), lo cual es atribuido a la disminución riqueza de especies entre campañas (PII=12 especies, PIII= 6 especies), junto a la disminución en los valores de biomasa de *C. ornatus* (Anexo capítulo III, Tablas 9.18, 9.19). Entre tanto, *P. setiferus* fue capturada por fuera de su rango batimétrico, presentó aportes a la biomasa del área 478% más altas a los observados en el crucero PII (campaña PII, 1.49 kg km^{-2} ; campaña PIII, 7.13 kg km^{-2}).

La especie *Nephropsis aculeata* fue capturada en la estación C3, dentro de su rango batimétrico reportado para el suroeste del GoM (Escobar-Briones et al. 2008, Felder et al. 2009, $137\text{m} \leq Z \leq 824\text{m}$); siendo los valores de biomasa cercanos al valor mínimo del rango reportado para la zona

profunda del suroeste del GoM (Soto et al. 1999, Z=500m; $1.8 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 3.6 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PIII, 1.34 kg km^{-2}), lo cual podría responder a diferencias en la disponibilidad de alimento.

Los valores de biomasa de los equinodermos capturados en el crucero PIII, exhibieron un rangos de valores similares a los observados en la campaña anterior (campaña PII, $0.44 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 33.65 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PIII, $0.23 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 33.82 \text{ kg km}^{-2}$). Sin embargo, fue mayor la biomasa aportada por los equinodermos en el crucero PII, siendo una disminución en la contribución de los crustáceos el factor responsable del aumento de la importancia relativa del grupo (Figuras 3.30c y 3.33c); al igual que en el crucero PII, los valores de biomasa fueron inferiores a los reportados para el grupo (Piepenburg et al. 1996, Bluhm et al. 1998, Thurston et al. 1998, Billett et al. 2002, 2010, Rowe et al. 2009, Ravelo et al. 2014b, Lamptey 2015, $0.10 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 30,975.8 \text{ kg km}^{-2}$), lo cual resulta de la presencia de mayores aportes de energía de fuentes continentales o de la columna de agua en dichas áreas.

La relación entre la biomasa y la profundidad del grupo fue inversa en los transectos F y B, siendo este un patrón general para comunidades megabentónicas (Ramírez-Llodra et al. 2010b), en el transecto D fue parabólica, exhibido en valores de biomasa de crustáceos y moluscos (Ramos et al. 2017, Villalobos-Rojas et al. 2017), mientras que el transecto C exhibió el patrón de zonación directo reportada para el grupo (Ramos et al. 2017; Figuras 3.33c).

En este grupo las concentraciones de compuestos alifáticos $n\text{-C}_{11}$ y $n\text{-C}_{23}$ provenientes de algas pardas, vegetación continental, vegetación de marismas y praderas de pastos marinos (Schnitzler et al. 1998, Binark et al. 2000, Carrizo et al. 2019), presentaron mayor influencia en las estaciones de plataforma y la estación D3. Siendo concentraciones superiores a $27.7 \mu\text{g kg}^{-1}$ en las estaciones D1 y F1, un factor que pudo influenciar la presencia de valores más altos de biomasa en la zona costera ($3.79 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ y $1.71 \text{ kg AFDW km}^{-2}$), dado que las estaciones con concentraciones inferiores exhibieron valores más bajos de biomasa del grupo (Figuras 3.33 y 3.37).

Los valor de biomasa total de los equinodermos en la zona costera fue mayor a los registrados en el crucero PII (AFDW, PII= 6.62 kg km^{-2} , PIII= 7.29 kg km^{-2} , Figuras 3.30a y 3.33a), mientras que los valores por estación presentaron un patrón dinámico, en el cual los valores de las estaciones

B1 y C1 fueron inferiores a los registrados en la primera campaña; sin embargo, las estaciones F1 y D1 exhibieron valores más elevados de biomasa durante el crucero PII (Figuras 3.30a). El rango de valores de biomasa del crucero PIII al igual que el registrado en la campaña anterior, presentó valores inferiores a los reportados para el grupo (Hamerlynck et al. 1992, 1993, Lamptey 2015, $1,100 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 11,000 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PIII, $0.23 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 3.79 \text{ kg km}^{-2}$; Figura 3.33a).

La presencia de *A. duplicatus* en todas las estaciones costeras aportó un rango de distribución geográfico mucho mayor al reportado por (Ruiz et al. 2013, ~13%), sin embargo, esto responde a una menor cantidad de estaciones de la presente evaluación, con respecto a las evaluadas por dichos autores. En términos de biomasa, los valores observados durante el crucero PIII fueron inferiores a los reportados en la zona norte del GoM (Rester et al. 1999, $6.78 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 24.44 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PIII, $0.5 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 2.21 \text{ kg km}^{-2}$); mientras que dichos valores fueron más altos en las estaciones D1 y F1, donde se registraron concentraciones más elevadas de *n-C₃₇* y *n-C₂₃*, favoreciendo la presencia de comunidades macrofaunales que hacen parte de sus ítem alimenticios (Bitter & Penchaszadeh 1983, Harvey et al. 2012). Por otra parte, *A. cingulatus* presentó una distribución restringida a la estación D1 y un bajo valor de biomasa con respecto a los observados en la zona norte del GoM (Donaldson et al. (1996, $21.19 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 34.75 \text{ kg km}^{-2}$); lo cual es atribuible a competencia interespecífica a nivel de género.

El valor de biomasa promedio del grupo en la zona intermedia fue menor al registrado en la primera campaña (campaña PII, $0.52 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 33.65 \text{ kg km}^{-2}$, campaña PIII, $0.46 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 33.82 \text{ kg km}^{-2}$) e inferiores a los registrados para el grupo en el mismo rango batimétrico (Bluhm et al. 1998, $500 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 1,000 \text{ kg km}^{-2}$; Figuras 3.30c y 3.33c).

El rango de valores observado en la zona intermedia durante las dos campañas pueden atribuirse a las actividades pesqueras que se realizan en el área (Wakida-kusunoki 2006), debido a que los representantes del género no son susceptibles ante el disturbio efectuado en el suelo marino (Lawrence & Vasquez 1996); lo cual es propuesto al tener que *A. cingulatus* fue la especie con mayor contribución a la biomasa del grupo responsable en las estaciones intermedias ($0.77 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 32.56 \text{ kg km}^{-2}$; Figura 3.33c), siendo un patrón propio de la dinámica poblacional de los miembros del género *Astropecten*, que podría resultar del aprovechamiento de los residuos

aportados por las actividades pesqueras en el área, sin excluir la presencia de reclutamiento de los miembros del género, ya que en el crucero PIII se observaron mayores abundancias con menos biomasa, biomasa, siendo esto un indicador de la presencia de organismos de pequeño tamaño.

En la zona intermedia la contribución de *Pseudostichopus occulatus* a la biomasa resultó atípica debido a ser capturada por encima de su rango batimétrico (Pawson et al. 2009a, $232\text{m} \leq Z \leq 3,624\text{m}$); siendo más congruente para el rango batimétrico de las estaciones intermedias el valor de biomasa de *A. alligator*, teniendo en cuenta el patrón de distribución reportado para la especie (Pawson et al. 2009a, $22\text{m} \leq Z \leq 360\text{m}$; $0.46 \text{ kg AFDW km}^{-2}$).

Los valores de biomasa registrada para los equinodermos de la zona profunda fueron superiores a los registrados en la campaña anterior (AFDW, PII=9.51 kg AFDW km^{-2} , PIII=10.49 kg AFDW m^{-2}), lo que se atribuye a la presencia de holotúridos que no fueron capturados durante el crucero PII y que típicamente son dominantes en zonas profundas (Cartes et al. 2014); sin embargo, el cambio más evidente en el área fue la disminución en los valores de biomasa de la estación C3 entre campañas ($C3_{\text{PII}}=4.66 \text{ kg AFDW km}^{-2}$, $C3_{\text{PIII}}=1.79 \text{ kg AFDW km}^{-2}$; Figuras 3.30c y 3.33c), atribuible a la presencia de un disturbio, migración y/o cambio en la cantidad de alimento, siendo este último factor menos probable dado el aumento en las concentraciones de *n*-C₁₁, *n*-C₁₂, *n*-C₁₃ y *n*-C₂₃ durante la segunda campaña (Figuras 3.30, 3.33, 3.36-3.37).

Los valores de biomasa de la zona profunda fueron bajos al igual que en la primera campaña con respecto a los reportados en otras áreas (Smith & Hamilton 1983, Billett et al. 2002, 2006, $16.62 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 16,274 \text{ kg km}^{-2}$). La importancia de *Isostichopus badiionotus* resulta de ser una de las especies más comunes que se encuentran por debajo de los 200m de profundidad en el GoM (Durán-González et al. 2005); mientras que los valores aportados por *A. cingulatus* fueron inferiores a los registrados a profundidades mayores de 50m en el norte del GoM (Donaldson et al. 1996, $21.19 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 34.75 \text{ kg km}^{-2}$; campaña PIII, 1.22 kg km^{-2}).

Por su parte, los valores de biomasa registrados para *Pseudostichopus occulatus*, *Araeosoma belli* y *Bathyploetes natans* ($0.56 \text{ kg AFDW km}^{-2}$, $0.45 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ y $0.43 \text{ kg AFDW km}^{-2}$, respectivamente), podrían hacer parte del patrón general de cada una de estas especies, teniendo en cuenta que fueron capturadas dentro de su rango batimétrico (Emson & Young 1998, Pawson

et al. 2009, Ramos et al. 2017); aunque *A. belli* y *B. natans* capturadas en la estación D3 en el crucero PII, presentaron valores más altos en la segunda campaña (estación C3), indicando posibles patrones de migración entre estaciones.

El valor de biomasa de la malacofauna disminuyó un 581% (AFDW, PII=28.99 kg km⁻²; PIII=4.99 kg km⁻²), sin embargo, el rango de valores por estación estuvo dentro del reportado para el grupo (Ganmanee et al. 2004, Maximov et al. 2014, Lamptey 2015, 0.43 kg km⁻² ≤ AFDW ≤ 288 Ton km⁻²), con excepción de las estaciones B2 y C1, en las cuales no se capturaron organismos del grupo o presentaron valores muy bajos, respectivamente (Figura 3.33d). Las diferencias entre estudios podrían ser el resultado de la explotación de recursos bentónicos que se realiza en el área de estudio (Hinojosa-Ochoa 2018); sin embargo, durante la segunda campaña *Mercenaria campechiensis* exhibió valores de biomasa elevados en las estaciones someras e intermedias, siendo a su vez, una especie con importancia económica que se explota en la Laguna Madre (Hadley & Coen 2004, Rodríguez-Castro et al. 2017) y por tanto un indicador de que la pesca en el área evaluada no tendría un efecto generalizado en todas las estaciones.

La malacofauna exhibió una estructura comunitaria sin diferencias marcadas en términos estructurales, siendo pocas las diferencias multiestructurales entre estaciones (Rubio-Polania et al. 2019); las estaciones con mayor porcentaje de limos (D1 y B1), fueron las que exhibieron valores de biomasa más elevados, siendo característico en el grupo la relación directa entre dichas variables y presentando mayor importancia los bivalvos que los gasterópodos (71.5% y 28.1%, respectivamente, Henry & Simao 1984, Rubio-Polania et al. 2019). Entre tanto, la estación C1 exhibió el valor más bajo de biomasa del grupo (0.04 kg AFDW km⁻²; Figuras 3.33d y 3.37), lo cual podría atribuirse a la presencia de concentraciones elevadas de benzo(b)fluoranteno (9.03 μg kg⁻¹ ≤ BBFL ≤ 9.89 μg kg⁻¹), el cual suele acumularse en sedimentos con mayor presencia de limos (Fuentes et al. 2012).

El patrón de zonación de la biomasa fue congruente al reportado para el grupo por (Villalobos-Rojas et al. 2017), siendo el transecto D el que mayor influencia tuvo sobre la biomasa de los organismos (Figura 3.33d); mientras que los transectos F y C exhibieron relaciones directas con la profundidad reportadas para la biomasa de comunidades megafaunales y de decápodos (Ramírez-Llodra et al. 2010b, Ramos et al. 2017; Figura 3.33d).

Los valores de las especies con mayores contribuciones a la biomasa de la comunidad fueron bajos a los reportados en la zona costera en el norte del GoM. El valor reportado para el género *Conus* por Rester et al. (1999) fue de 103.92 kg AFDW km⁻² (campaña PIII= 0.22 kg AFDW km⁻²), mientras que el rango reportado para *Polystira tellea* por Donaldson et al. (1996) y Rester et al. (2017b) fluctuó entre 1.22 kg AFDW km⁻² y 14.66 kg AFDW km⁻² (campaña PIII, 0.15 kg AFDW km⁻²). *M. campechiensis* presentó valores muy bajos a los proporcionados por Rester et al. (2017b; 15.58 kg AFDW km⁻²; campaña PIII, 0.11 kg km⁻² ≤ AFDW ≤ 0.21 kg km⁻²).

En el caso de *Triplofusus giganteus* al ser una especie carnívora, que se alimenta de otros gasterópodos y bivalvos (Dietl 2003), los cuales deben distribuirse en el área comprendida por la estación B1, donde exhibió el valor de biomasa más elevado de biomasa de la estación (0.34 kg AFDW km⁻²); mientras que el valor de biomasa de *Psammotrete brevifrons* fue inferior al registrado en la evaluación anterior (campaña PII, 0.053 kg AFDW km⁻²; campaña PIII, 0.009 kg AFDW km⁻²). Los valores de *Arcopagia fausta* no pudieron ser comparados debido a la escasez de información de esta especie capturada dentro su típico rango de distribución batimétrico (Turgeon et al. 2009).

En la zona intermedia los valores registrados de biomasa de las especies *S. granulata*, *M. campechiensis*, *E. papyracea* y *P. tellea* siguieron el patrón observado en las estaciones costeras al estar por debajo de los valores obtenidos en el crucero PII y los reportados para dichas especies en otras áreas del GoM; atribuible a cambios estacionales ocurridos en el CPP, que se reflejaron en la disminución en los valores de biomasa entre campañas y en el conjunto de variables que más influencia tuvieron sobre la estructura comunitaria evaluada, comentadas con anterioridad (Figuras 3.30, 3.33, 3.36-3.37). La especie *Propeamussium dalli* mantuvo un valor similar de biomasa al registrado en el crucero PII, indicando menor fluctuación en términos de biomasa por especie (campaña PII, 0.041 kg AFDW km⁻²; campaña PIII, 0.045 kg AFDW km⁻²).

Al igual que en la primera campaña, *Pennaria disticha* fue registrada en la zona profunda, exhibiendo un cambio en el rango de distribución batimétrico de la especie, la cual exhibió un valor mucho más bajo al registrado en la campaña anterior (campaña PII, 0.088 kg km⁻² ≤ AFDW ≤ 7.10 kg km⁻²; campaña PIII, 0.083 kg AFDW km⁻²).

3.4.9 Diferencias estructurales temporales en los márgenes continentales y mar profundo del Cinturón Plegado Perdido (CPP)

En el CPP la estructura de la comunidad y su distribución fueron diferentes a los registrados en los MEPY, debido a la ausencia de especies autógenas que favorecieran la abundancia y riqueza de especies (Figuras 3.38a-d); en su lugar fue posible observar la influencia de la profundidad, compuestos aromáticos y alifáticos de naturaleza continental y petrogénica, haciendo evidente el importancia de estas contribuciones a la abundancia y biomasa de las comunidades evaluadas (Figuras 3.22, 3.25, 3.30, 3.33, 3.38a-d). El patrón registrado en la clorofila entre cruceros, siguió de manera parcial la tendencia de valores elevados en la zona costera reportado por Zavala-Hidalgo et al. (2006), quienes atribuyen a procesos diferentes de la surgencia, la presencia de valores elevados registrados por fuera del mes de agosto, época donde se da dicho proceso en el CPP; siendo los aportes continentales una de las fuentes de energía para la comunidad y por tanto un proxy del acarreo de $n\text{-C}_{12}$ y $n\text{-C}_{37}$, los cuales pueden almacenarse en los sedimentos terrígenos presentes en el área evaluada, favoreciendo la presencia de fauna megabentónica sustentada a partir de la producción regenerada.

Las diferencias en los valores de abundancia y biomasa de la comunidad evaluada, permiten inferir procesos de reclutamiento, pérdida de organismos producida por las actividades pesqueras que se realizan en el área y/o debidas a migraciones entre la zona de plataforma y las lagunas costeras (Armstrong et al. 1987, Wakida-kusunoki 2006, Wakida-kusunoki et al. 2010, Hinojosa-Ochoa 2018); siendo esto evidente en los valores de abundancia y biomasa de *Penaeus setiferus*, *Mercenaria campechiensis*, *Solenocera atlantidis* y los miembros del género *Sicyonia* (Villaseñor 1997, Wakida-kusunoki et al. 2010, Hinojosa-Ochoa 2018), junto a una tendencia similar en los valores de *Calappa sulcata*, *Euvola papyracea* y *Achelous spinimanus*, que hacen parte de la fauna de acompañamiento de la pesca de camarón realizada en el área (Wakida-kusunoki 2006, Wehrmann et al. 2012, Wakida-Kusunoki et al. 2013); aunque los valores de *Callinectes sapidus* permitan establecer la presencia de una población de organismos que ha permanecido en el área aumentando de tamaño (Tabla 3.11; Anexo capítulo III, Figura 9.11).

Las diferencias exhibidas en la clorofila, contenido de limos y arenas entre campañas, exhibiendo valores más elevados durante el crucero PII realizado en septiembre de 2016, en el cual la clorofila

exhibió valores más altos en las estaciones someras y profundas; lo cual es atribuible a patrones estacionales propios de área evaluada, siendo esto evidente en las pruebas BIOENV y LINKTREE. Sin embargo, la variabilidad estacional comentada anteriormente, junto a las diferencias observadas en los hidrocarburos presentes en el área, permiten sugerir la presencia de un efecto mixto entre la variabilidad y la pesca con redes de arrastre, actividad a la cual se puede atribuir la ausencia del 55% y 52% de la fauna capturada entre la campaña PII y la PIII. Dado que estas actividades generan la disminución marcada en los valores de biomasa de las comunidades evaluadas (Jennings et al. 2001), lo cual es soportado por la ausencia de especies autogénicas registradas durante la primera campaña (PII, *Aplysina fulva*; Clark et al. 2016, Kędra et al. 2017).

3.5 Conclusiones

- Las comunidades megabentónicas evaluadas en las dos áreas de estudio exhibieron un elevado componente variable, atribuible a las diferentes fases de transporte de larvas y reclutamiento de las especies que las componen, lo cual fue evidente la fluctuación en los valores de volumen.
- Las especies autogénicas beneficiaron los valores de abundancia y biomasa durante las dos campañas llevadas a cabo en los MEPY, siendo más importantes como agentes estructuradores que influyen en dichos atributos que los eventos de surgencia.
- La fauna presente en los extremos de los MEPY exhibió patrones de zonación reportados para la megafauna bentónica de otras áreas geográficas, sin que estos correspondieran al mismo grupo taxonómico, indicando la presencia de patrones locales de variación.
- Las diferencias en la composición de especies en los MEPY fueron responsables de las diferencias estructurales registradas entre campañas.
- Los gradientes ambientales más importantes para la fauna en términos de abundancia en los MEPY fueron definidos por la temperatura, el clasificación grafica del sedimento, la longitud y las concentraciones de $n\text{-C}_{16}$, $n\text{-C}_{37}$, $n\text{-C}_{40}$; haciendo evidente la importancia de las diferencias en la energía de transporte de partículas debida a la corriente de Yucatán y los aportes de carbono autóctonos y alóctonos.
- La biomasa de la megafauna de los MEPY fue influenciada en mayor medida por la distancia

a la línea de costa y las concentraciones de $n\text{-C}_{23}$, indicando la importancia de las fuentes de carbono de ecosistemas del margen interno y desechos vegetales continentales.

- En el CPP la fauna exhibió cambios en los valores de dominancia por grupos indicando variaciones estacionales, que pueden estar influenciadas por la explotación pesquera.
- En el CPP la zonación que exhibió patrones heterogéneos, siendo esto evidencia de diferencias estructurales del hábitat en las estaciones evaluadas.
- La profundidad junto a las concentraciones de $n\text{-C}_{37}$, acenaftileno y fluoranteno fueron las variables definieron los gradientes ambientales que influenciaron la abundancia y biomasa de la megafauna bentónica del CPP, lo cual es atribuible a las marcadas diferencias en la profundidad de las estaciones evaluadas, importancia del subsidio de energía de fuentes continentales y la presencia de fuentes de disturbio antropogénico continental.
- La interacción entre la biomasa de la comunidad con el acenaftileno y el fluoranteno, hace evidente la necesidad de evaluar la bioacumulación de estos compuestos en invertebrados megabentónicos.
- La diferencia en composición de especies autogénicas entre las dos áreas de estudio, un fuerte grado de acoplamiento bentopelágico debido a una menor profundidad en los MEPY y la actividad pesquera realizada en el CPP, fueron factores responsables de la presencia de valores elevados de abundancia y biomasa en los MEPY con respecto a los registrados en el CPP.
- La interacción entre la megafauna bentónica y los hidrocarburos aromáticos hace evidente la necesidad de diseñar programas de protección y monitoreo, dada la elevada importancia ecológica, económica y escasa información disponible de este componente de la fauna bentónica.

4 Capítulo IV: Diversidad local y cambio en la composición de las comunidades megabentónicas de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido

Resumen

La megafauna bentónica presente en los MEPY y el CPP fue evaluada durante los años 2015 a 2017 en los cruceros oceanográficos GIV, GV, PII y PIII. A partir de la información de composición, abundancia y biomasa de especies, fueron calculadas las curvas de comparación de abundancia y biomasa (ABC), los índices tradicionales de diversidad local de riqueza de especies (S), riqueza esperada de especies (Esn), diversidad tradicional (H') y en términos de biomasa (Hb'), equitatividad (J'), dominancia (λ), la diversidad beta y las contribuciones locales a la beta diversidad. A través del análisis de correlación de Spearman fue evaluada la relación entre los índices calculados y las variables ambientales. Las curvas ABC evidenciaron la ausencia de perturbaciones en la mayoría de las estaciones, aunque dicha condición se observó en los sectores central y este de los MEPY y la zona profunda del CPP. La diversidad alfa en los MEPY fue más elevada (entre 2.88 bits ind⁻¹ y 5.31 bits ind⁻¹), con respecto a la registrada en el CPP (entre 0.35 bits ind⁻¹ y 3.69 bits ind⁻¹); en términos de biomasa los valores fluctuaron entre 0.22 bits kg⁻¹ y 4.53 bits kg⁻¹ en los MEPY y entre 0.24 bits kg⁻¹ y 3.34 bits kg⁻¹ en el CPP. La diversidad beta fue más elevada en los MEPY (entre 0.92 y 0.93), que en el CPP (entre 0.87 y 0.88). Ambas áreas presentaron mayor relación entre los compuestos alifáticos y aromáticos que con las variables oceanográficas o la distribución geográfica. Los signos de disturbios exhibidos por las curvas ABC son atribuibles a procesos de reclutamiento y estrés ocasionado por variaciones en la disponibilidad de alimento para organismos filtradores, mientras que en la zona profunda se detectó la perturbación ocasionada por muestreos previos. Los valores de diversidad local fluctuaron dentro del rango reportado para comunidades megabentónicas influenciadas por la variabilidad climática, mientras que los valores de diversidad beta se encuentran dentro del rango reportado para zonas de ventilas hidrotermales y montes submarinos, indicando la necesidad de implementar programas de vigilancia ambiental, dada la alta diversidad sustentada por especies raras y las relaciones exhibidas entre los índices de diversidad e hidrocarburos, que resultan atípicos en los MEPY, dada área de naturaleza kárstica y ausencia de actividades económicas relacionadas con estos compuestos.

4.1 Introducción

La biodiversidad es uno de los principales mecanismos del funcionamiento de los ecosistemas (Balvanera et al. 2006), los cuales a nivel global presentan signos de deterioro que indican la necesidad de incrementar los esfuerzos para protegerlos (Howarth et al. 2015); actividad que requiere la elaboración de inventarios de las especies que faciliten la creación de herramientas robustas de protección y programas de monitoreo para determinar cambios espacio temporales (Gray 2000, 2001).

Sin embargo, sumado a la escases de evaluaciones realizadas sobre la diversidad de comunidades megabentónicas, se presenta una limitada cantidad de estudios en los cuales sean evaluados dichos atributos de la comunidad en términos de biomasa, variable que junto a la abundancia de especies permite establecer la condición ecológica de un ambiente a través de la presencia y dominancia de especies de estrategias r y k , las cuales permiten establecer el grado de madurez de una comunidad (Connell & Slatyer 1977, Margalef 1977). Condición que es evaluada a través de las curvas ABC, método desarrollado por Warwick (1986) quien propuso el uso de los valores de la abundancia y biomasa de comunidades como una medida de estrés ecológico en comunidades bentónicas.

El método propuesto por Warwick (1986), aporta un valor de índice W que fluctúa entre 1 y -1, el cual puede ser calculado a nivel de estaciones o como valor general para un área evaluada, permitiendo establecer la presencia o ausencia de disturbios. Un área carece de disturbios en términos de las curvas ABC, al presentar la curva de biomasa sobre la curva de abundancia y valores del índice W positivos mayores a cero, patrón observado en áreas con presencia de especies de con esperanzas de vida largas y valores elevados de biomasa (Warwick & Clarke 1994); mientras que la presencia de especies de talla pequeña, valores elevados de abundancia y bajos valores de biomasa, son resultado de una dominante presencia de organismos de estrategia r , los cuales se presentan en áreas perturbadas (Warwick et al. 1987, Clarke et al. 2014).

Aunque en la actualidad han sido propuesto otros métodos para evaluar la condición de estrés ambiental como lo son los índices AMBI y M-AMBI (Borja et al. 2000, 2014, Muxika et al. 2005), el uso de las curvas ABC tan solo requiere los valores de abundancia y biomasa, siendo para este método, esta última variable un elemento limitante al interior de varios programas de monitoreo.

Debido a la búsqueda de herramientas que permitan evaluar las comunidades ecológicas que se desarrollan en ambientes multivariados, fueron desarrolladas herramientas para caracterizarlas y detectar los cambios estructurales ocasionados por la estructura física del medio circundante (Moreno 2001); el cual es a su vez modificado por los organismos a través de los procesos de colonización, donde su comportamiento y forma de vida les permite generar cambios estructurales que aumentan la heterogeneidad del ambiente físico (Johnson et al. 1996), favoreciendo la colonización de áreas específicas del hábitat que son explotadas por organismos especializados (Cúrdia et al. 2013), los cuales incrementan notablemente los valores de diversidad (Whittaker 1972).

Estas herramientas permiten establecer patrones de diversidad de cualquier comunidad, siendo su nivel más básico la diversidad que corresponde a una muestra o hábitat (diversidad alfa (α)) y como varía a través del cambio biótico o remplazamiento de especies a lo largo de un gradiente (diversidad beta (β); Whittaker 1972, Gray 2000). Estos dos aspectos de la diversidad de comunidades se encuentran interrelacionados, debido a ser resultado de procesos regionales que operan a gran escala, los cuales dan origen a patrones de distribución de especies que pueden o no deberse a procesos de anidación (Cornell & Harrison 2013). Dicho proceso permiten identificar gradientes estructurales donde es posible identificar migración y tránsito de las especies, siendo uno de los aspectos responsables de la diversidad beta (Baselga et al. 2007); sin embargo, este aspecto de la diversidad puede resultar del cambio en la composición de especies debido a procesos de clasificación históricos de múltiples gradientes que no son claramente definidos (Rigolet et al. 2014).

A pesar de la importancia ecológica y económica de las comunidades megabentónicas, son poco estudiadas debido a los retos metodológicos asociados a su muestreo (Hintzen et al. 2010). Situación que ha generado un sesgo muy grande entre la información y herramientas de manejo basadas en la macrofauna y meiofauna con respecto a las disponibles de la megafauna, a pesar de que esta última tiene un efecto significativo en la abundancia, biomasa y distribución de la mayoría de organismos macro y meio bentónicos (Lampitt et al. 1986).

A su vez, estas comunidades al igual que los demás grupos de menor talla (macro y meiofauna) dependen del subsidio de carbono orgánico particulado (COP) proveniente de la columna de agua

(Society 2014), el cual afecta la abundancia, biomasa y distribución de las comunidades bentónicas conforme aumenta la profundidad (Lampitt et al. 1986, Bodil et al. 2011), favoreciendo de esta manera cambios estructurales en las comunidades, las cuales según la literatura exhiben una estructura unimodal en la cual en la parte intermedia del talud se superponen especies de la zonas costera y profunda (Nepkin et al. 2014).

Dada la importancia de las medidas de diversidad en la comprensión y dinámica de las comunidades megabentónicas, junto a la importancia de dicha información para establecer evidencias de presiones ambientales y ausencia de la misma; este capítulo tiene como objeto evaluar la evidencia de presiones ambientales perceptibles en la comparación de las curvas de abundancia y biomasa de comunidades megabentónicas de los MEPY y el CPP, establecer el rango de valores de diversidad local y diversidad beta en dichas áreas, su fluctuación temporal y variables ambientales que más influyen las medidas de diversidad.

Esto tomando en cuenta la influencia de actividades económicas y muestreos previos sobre las comunidades de los MEPY y el CPP, la presencia de una elevada heterogeneidad de hábitat y cambios estacionales que favorecen la fluctuación en los valores de abundancia y biomasa de las especies dominantes, evidenciado en el capítulo anterior.

4.2 Materiales y métodos

A partir de los valores de abundancia y biomasa de la megafauna bentónica de los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII), fueron realizadas las comparaciones de las curvas de abundancia y biomasa utilizadas a través del método propuesto por Warwick (1986), para establecer la presencia de estrés ecológico en comunidades bentónicas. Dicho método aporta un valor del índice W para cada comparación permitiendo establecer la dominancia entre los valores de biomasa y los de abundancia y viceversa (Warwick et al. 1987, Clarke et al. 2014); valor que se obtiene a partir de la expresión aportada por Warwick & Clarke (1994), donde S corresponde al cambio en el número de especies, A es la abundancia total en cada muestra i y B es la biomasa total en cada muestra i (Eq. 5).

$$W = \sum_{i=1}^S \frac{(B_i - A_i)}{50(S-1)} \quad (\text{Eq. 5})$$

La diversidad local de los cuatro cruceros oceanográficos fue evaluada a partir de los índices de ecológicos de riqueza de especies (S), equitatividad o de uniformidad de Pielou (J'), dominancia de especies de Simpson (λ) y diversidad de Shannon-Wiener (H') calculado a partir de los valores de abundancia y biomasa (H' y H_b' , respectivamente); a su vez se calculó la diversidad máxima a fin de comparar los valores de diversidad observada y esperada.

La diversidad local fue calculada con el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), que es comúnmente usado y favorece la comparación entre evaluaciones (Clarke y Warwick, 2001). En su expresión p_i es la proporción del total de organismos de la especie i contada, permitiendo evaluar la incertidumbre en la predicción de la identidad de un individuo seleccionado al azar en una muestra (Magurran 2004, Pla 2006; Eq. 6).

$$H' = - \sum_i p_i \log(p_i) \quad (\text{Eq. 6})$$

La equitatividad fue calculada a partir de índice de equidad (equitatividad) de Pielou (J'). Este índice toma en cuenta la diversidad calculada de Shannon-Wiener (H'), el valor máximo de diversidad (H_{max}), el cual corresponde al logaritmo natural de la riqueza. Los valores de J' permiten observar la distribución equitativa de la abundancia dentro de la comunidad (Magurran 2004; Eq. 7).

$$J' = \frac{H'}{H_{max}} \quad (\text{Eq. 7})$$

La dominancia de especies se calculó con el índice de Simpson (λ), el cual aporta la probabilidad que dos individuos presentes en una muestra tomados al azar sean de la misma especie, siendo el inverso del índice de equidad (Magurran, 2004). Este índice presenta valores elevados en comunidades donde en términos de abundancia total una o pocas especies presentan los valores más elevados (Magurran, 2004). En la expresión de λ , p_i corresponde a la abundancia proporcional de la especie i dividido por el total de individuos de la muestra (Magurran 2004; Eq. 8).

$$\lambda = \sum p_i^2 \quad (\text{Eq. 8})$$

Para evaluar la variación en la composición de especies (diversidad beta), los valores de abundancia de organismos fueron transformados a valores de presencia-ausencia, a fin de calcular

los coeficientes de disimilitud de Sorensen, de Simpson y su diferencia a través de la función `beta.multi` contenida el paquete “Partitioning Beta Diversity into Turnover and Nestedness Components” disponible para la plataforma R. Función que aporta el valor de diversidad beta total (B_{SOR}), el valor de diversidad debida al recambio en la identidad de las especies (B_{SIM}) y el valor debido a la pérdida de especies o anidación (B_{NES} ; Baselga et al. 2018).

En la expresión de Sorensen a es el número de especies compartidas, b el número de especies únicas del sitio con menor cantidad de especies y c corresponde al número de especies del sitio con la mayor cantidad de especies (Baselga & Orme 2012; Eq. 9-11).

$$\beta_{sor} = \frac{b+c}{2a+b+c} \quad (\text{Eq. 9})$$

$$\beta_{sim} = \frac{\min(b,c)}{a+\min(b,c)} \quad (\text{Eq. 10})$$

$$\beta_{nes} = \frac{|b-c|}{2a+b+c} * \frac{a}{a+\min(b,c)} \quad (\text{Eq. 11})$$

A su vez fueron calculados los valores de diversidad beta a partir de los valores de abundancia y biomasa de las comunidades utilizando la función `beta.multi.abund`, la cual aporta los valores de los coeficientes de disimilitud de Bray-Curtis total, la obtenida por la variación balanceada de los valores de la variable evaluada y los valores registrados en gradientes que son identificados por el índice de disimilitud multi-sitio, como un subconjunto de una de las estaciones evaluadas (Baselga 2016, Baselga et al. 2018). Las expresiones de estos índices se encuentran en la publicación de Baselga (2016: “Partitioning abundance-based multiple-site dissimilarity into components: balanced variation in abundance and abundance gradients”).

Para establecer las áreas y especies con mayor contribución a la diversidad beta, los valores de abundancia y biomasa fueron transformados a través de la transformación `Box-Cox.Chord` aportado por Legendre & Borcard (2018), previo a utilizar la función `beta.div` aportada por el paquete `adespatial` de la plataforma R (Dray et al. 2017), a partir de la cual fue extraído el valor de la contribución local a la beta diversidad (LCBD).

El índice LCBD es una medida cuantitativa de la presencia de estructuras únicas en términos de composición en el conjunto de áreas evaluadas, que permite discriminar áreas que son importantes en términos de conservación, degradadas o afectadas por especies invasivas (Legendre 2014). Este índice aporta valores significativos a las estaciones ubicadas a mayor distancia del centroide en un análisis de coordenadas principales (Legendre 2014), siendo los valores diagonales de la matriz de disimilitud de Gower, donde cada valor es dividido por la suma de cuadrados de los datos, que corresponde a la suma de los valores de la diagonal, haciendo que la suma de los valores LCBD sea igual a 1 (Legendre 2014); en la expresión de la matriz de disimilitud centrada de Gower A corresponde $[-0.5D_{hi}^2]$ (Eq.12).

$$G = \left(I \frac{11'}{n}\right) A \left(I \frac{11'}{n}\right) \quad (\text{Eq. 12})$$

La contribución por especie a la diversidad beta fue evaluada a partir de la expresión aportada por Legendre & De Cáceres (2013), que corresponde a la razón entre la suma de cuadrados de las especies *jth* sobre la suma de cuadrados total de una matriz de sitios por especies Y (Legendre & De Cáceres 2013); para establecer si los valores obtenidos eran altos o bajos, se calculó su valor promedio y desviación estándar, siendo discriminados como valores elevados aquellos que sean superiores a la suma del promedio y la desviación estándar (Eq.13).

$$SCBD_j = \frac{SS_j}{SS_{Total}} \quad (\text{Eq. 13})$$

Las comparaciones al interior de las áreas de estudio fueron evaluadas a través de pruebas estadísticas univariadas paramétricas y no paramétricas seleccionadas luego de establecer la presencia o ausencia de distribución de normal de las variables evaluadas, para lo cual se utilizó la prueba Shapiro-Wilks. La relación entre los índices de condición, de diversidad local, diversidad beta y las variables ambientales fueron evaluadas a través de análisis de correlación de Spearman (Clarke et al. 2014). Todos los valores promedio aportados en el presente estudio van acompañados por el valor de la desviación estándar.

4.3 Resultados

4.3.1 Curvas ABC una primera aproximación a la condición ecológica del ambiente

4.3.1.1 Evaluación Gomex

En el crucero GIV las curvas ABC exhibieron patrones típicos de zonas no perturbadas en 10 de las 16 estaciones evaluadas, pertenecientes en su mayoría al sector central, seguido por el sector este y dos estaciones del sector oeste. Las estaciones A5 y G34 presentaron tendencias que indican la necesidad de la implementación de programas de monitoreo a largo plazo (Figuras 4.1).

Las estaciones A3, B8 y P78 presentaron sutiles tendencias de zonas moderadamente perturbadas (Figuras 4.1a, d y 4.2d). Por su parte, el patrón de las estaciones H39 y P80 fue típico de zonas perturbadas (Figuras 4.1h, 4.2f), mientras que el patrón de la estación H40 fue no concluyente, ya que solo fueron capturadas dos especies en dicha área (Figura 4.1i).

El índice W calculado para la megafauna evaluada durante el crucero oceanográfico GIV presentó valores negativos en las estaciones H39, H40 y P80, indicando la presencia de perturbaciones en dichas áreas (Tabla 4.1). A su vez, este índice presentó un patrón de incremento entre en dirección oeste-este.

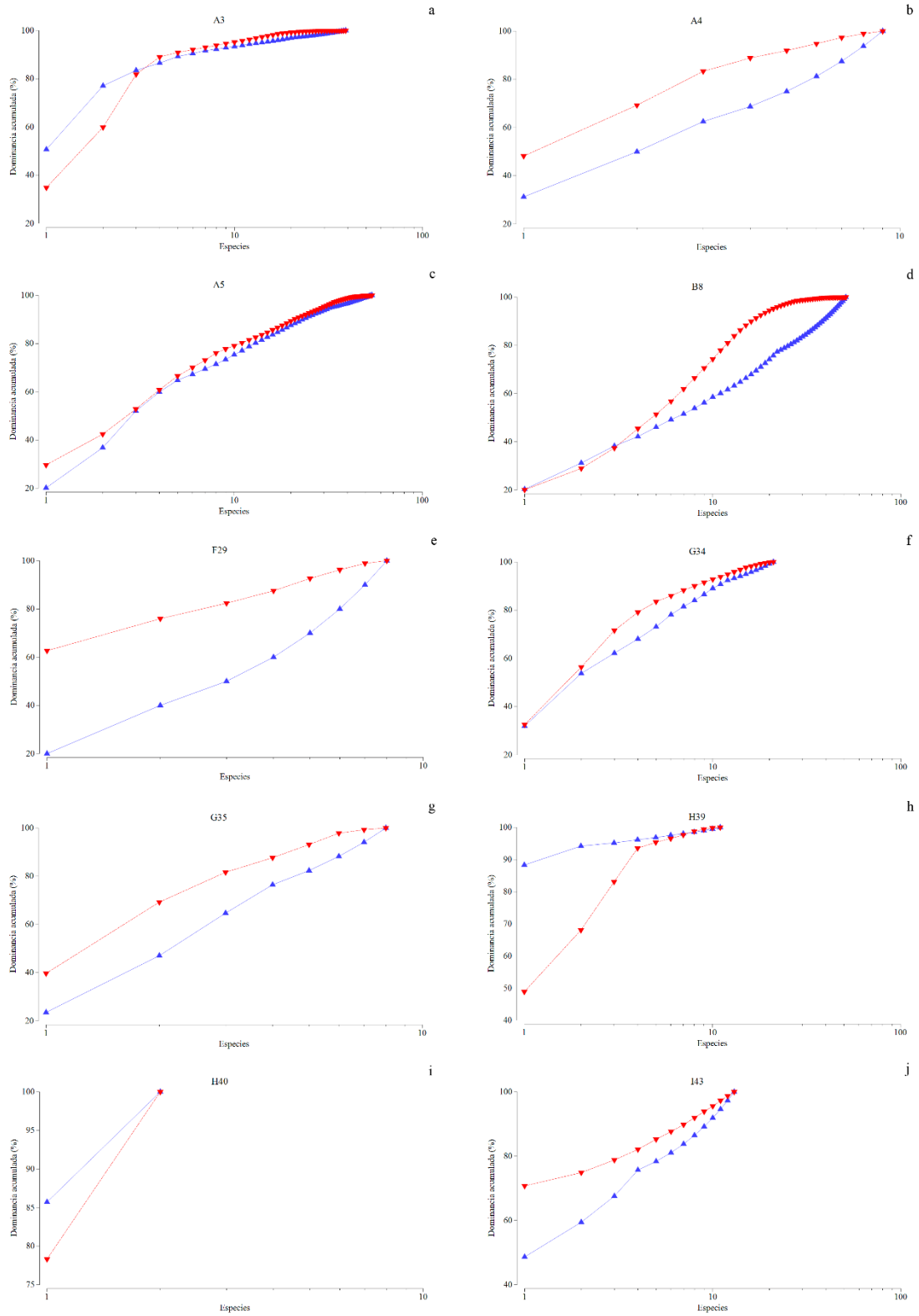


Figura 4.1. Curvas ABC de las estaciones A3-I43 de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), evaluados durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.

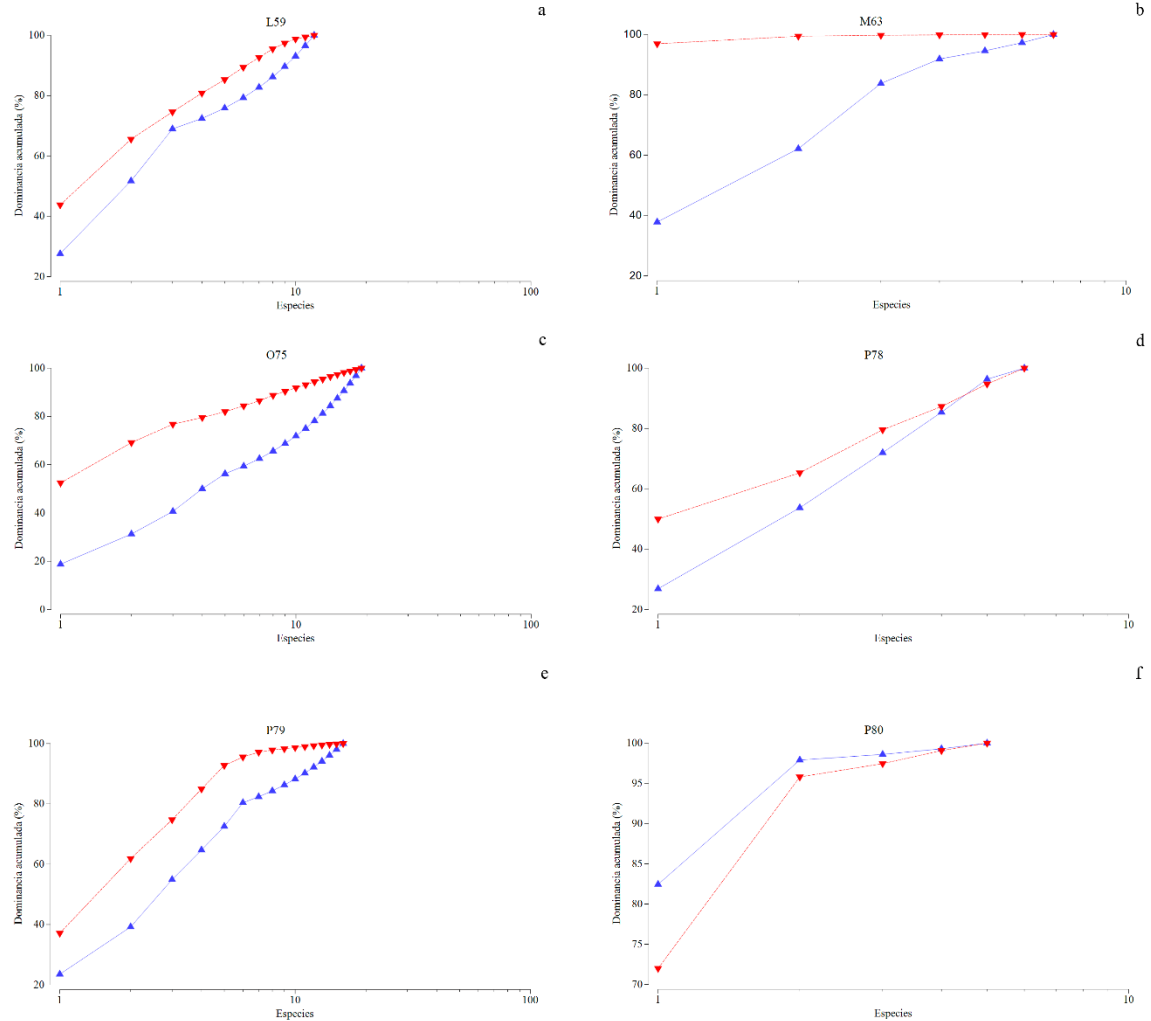


Figura 4.2. Curvas ABC de las estaciones L59-P80 de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), evaluados durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.

Durante el crucero GV 12 de las 16 estaciones exhibieron patrones típicos de zonas no perturbadas, a la luz de los atributos comunitarios más básicos e importantes de cualquier comunidad (abundancia y biomasa de especies), los cuales son escasamente evaluados de manera simultáneamente (Figuras 4.3-4.4). Las estaciones restantes presentaron signos de perturbación moderada, siendo la estación B8 el área que exhibió el mismo patrón durante las dos evaluaciones (Figuras 4.1d y 4.3d); por su parte, las estaciones G35, I43 y O75 presentaron cambios de tendencia con respecto a los patrones observados durante el crucero GIV (Figuras 4.1g, j, 4.2c, 4.3g, j, 4.4c).

Durante el crucero GV los valores del índice W no presentaron valores negativos, los cuales tendieron a disminuir en dirección oeste-este. A su vez, en los MEPY en términos de este índice no fueron observadas diferencias entre evaluaciones (t-student, $t=-0.72$, $gl=26.92$, $p=0.48$).

Tabla 4.1. Análisis de comparación de las curvas de abundancia y biomasa de la comunidad megabentónica de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY). Se presentan los valores totales de abundancia, biomasa de la fauna capturada en los cruceros Gomex IV (GIV) y Gomex GV (GV) y los valores del estadístico W .

Estación	Crucero oceanográfico GIV			Crucero oceanográfico GV		
	Abundancia	Biomasa	W	Abundancia	Biomasa	W
A3	51.97	176.90	0.01	15.84	12.45	0.39
A4	2.11	1.86	0.31	11.61	2.90	0.27
A5	107.20	36.37	0.04	38.12	23.91	0.25
B8	9.62	46.11	0.24	126.08	430.22	0.32
F29	1.32	3.07	0.53	113.35	96.19	0.19
G34	15.49	8.38	0.08	49.88	48.18	0.23
G35	2.55	7.16	0.26	108.41	70.51	0.07
H39	14.37	2.27	-0.16	77.01	90.35	0.31
H40	0.91	0.14	-0.15	229.61	183.39	0.08
I43	2.77	1.40	0.15	331.13	643.39	0.10
J48	-----	-----	-----	38.84	76.01	0.37
L59	1.79	3.71	0.18	19.28	58.02	0.51
M63	2.18	137.27	0.43	-----	-----	-----
O75	1.78	2.30	0.40	307.64	224.52	0.03
P78	1.80	7.16	0.17	11.08	93.31	0.40
P79	2.83	8.73	0.25	18.25	14.67	0.21
P80	9.39	14.27	-0.07	11.05	10.90	0.20

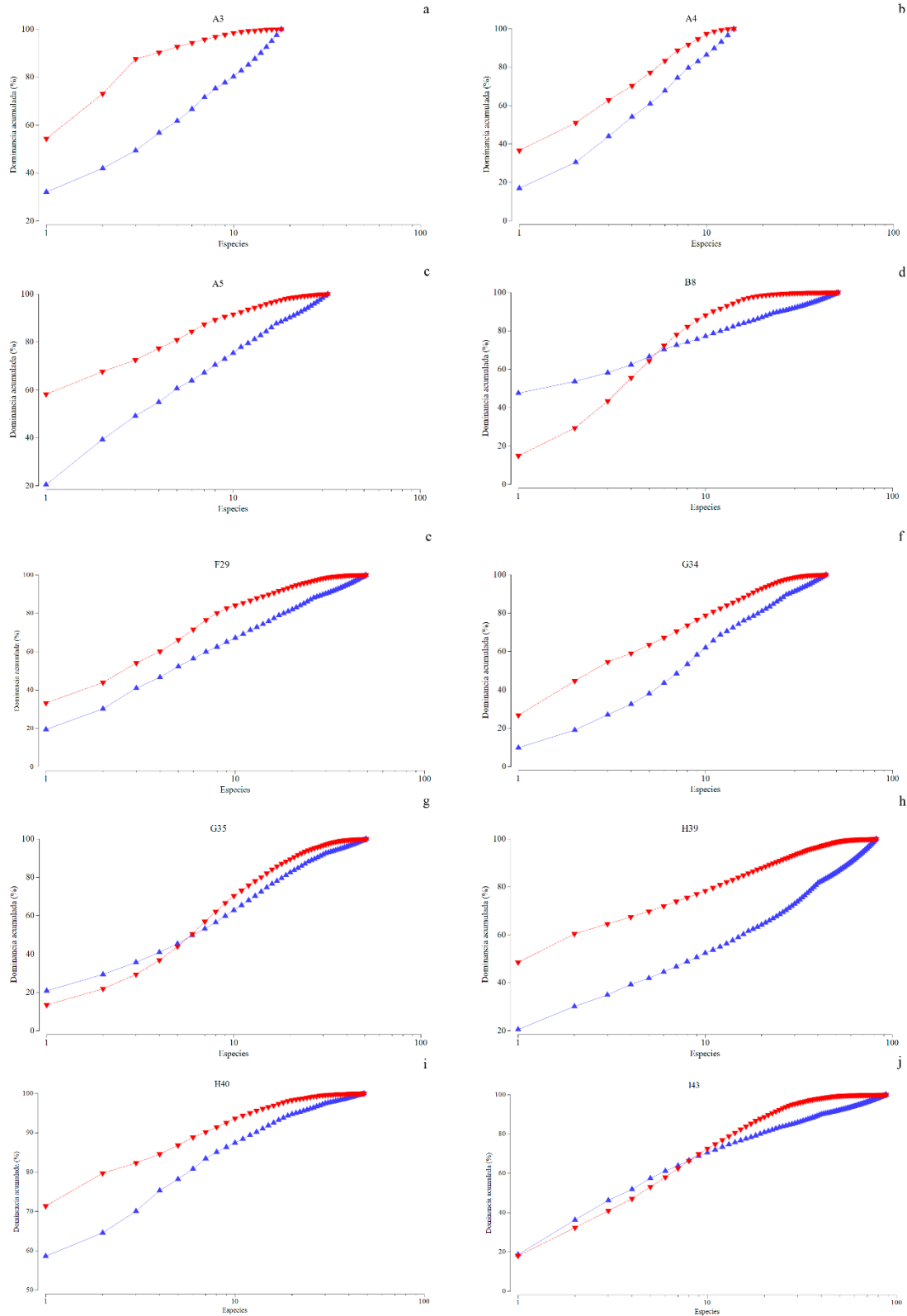


Figura 4.3. Curvas ABC de las estaciones A3-I43 de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), evaluados durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.

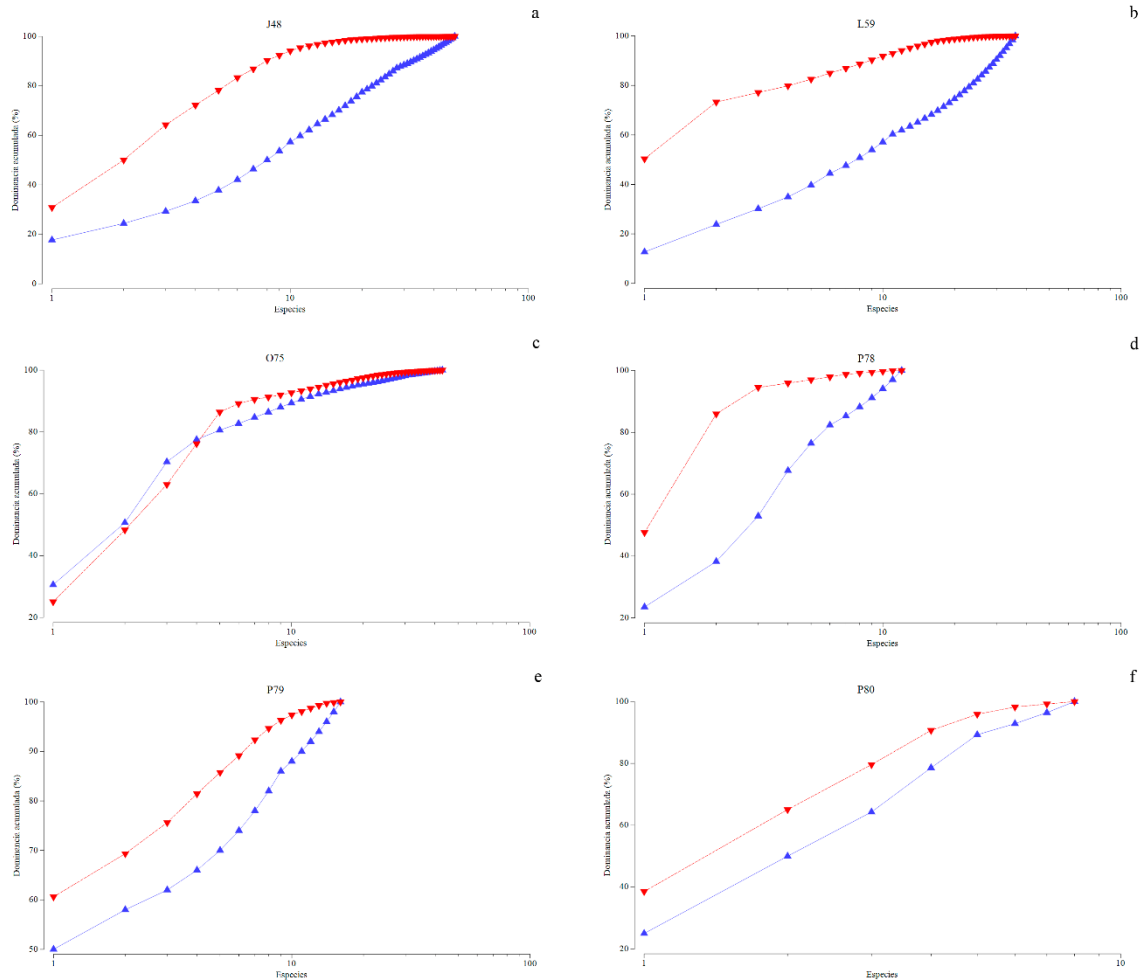


Figura 4.4. Curvas ABC de las estaciones L59-P80 de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), evaluados durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.

4.3.1.2 Evaluación Perdido

En la primera campaña del CPP cuatro estaciones ubicadas entre el rango batimétrico de 46.5m a 503.4m, exhibieron el patrón de zonas no perturbadas, el cual fue evidente en las estaciones C1 y C3, entre tanto, las tendencias observadas en las estaciones B1 y B2, indican la necesidad de evaluaciones a futuro para verificar dicha condición (Figuras 4.5a, b, c, e).

Entre tanto, en las estaciones D1, D3 y F1 se observaron tendencias propias de áreas con perturbaciones intermedias (Figuras 4.5f, h, i), mientras que las estaciones C2, D2 y F2 exhibieron tendencias de zonas perturbadas, las cuales junto a la estación F1 presentaron valores negativos de W (Figuras 4.5d, g, i; Tabla 4.2).

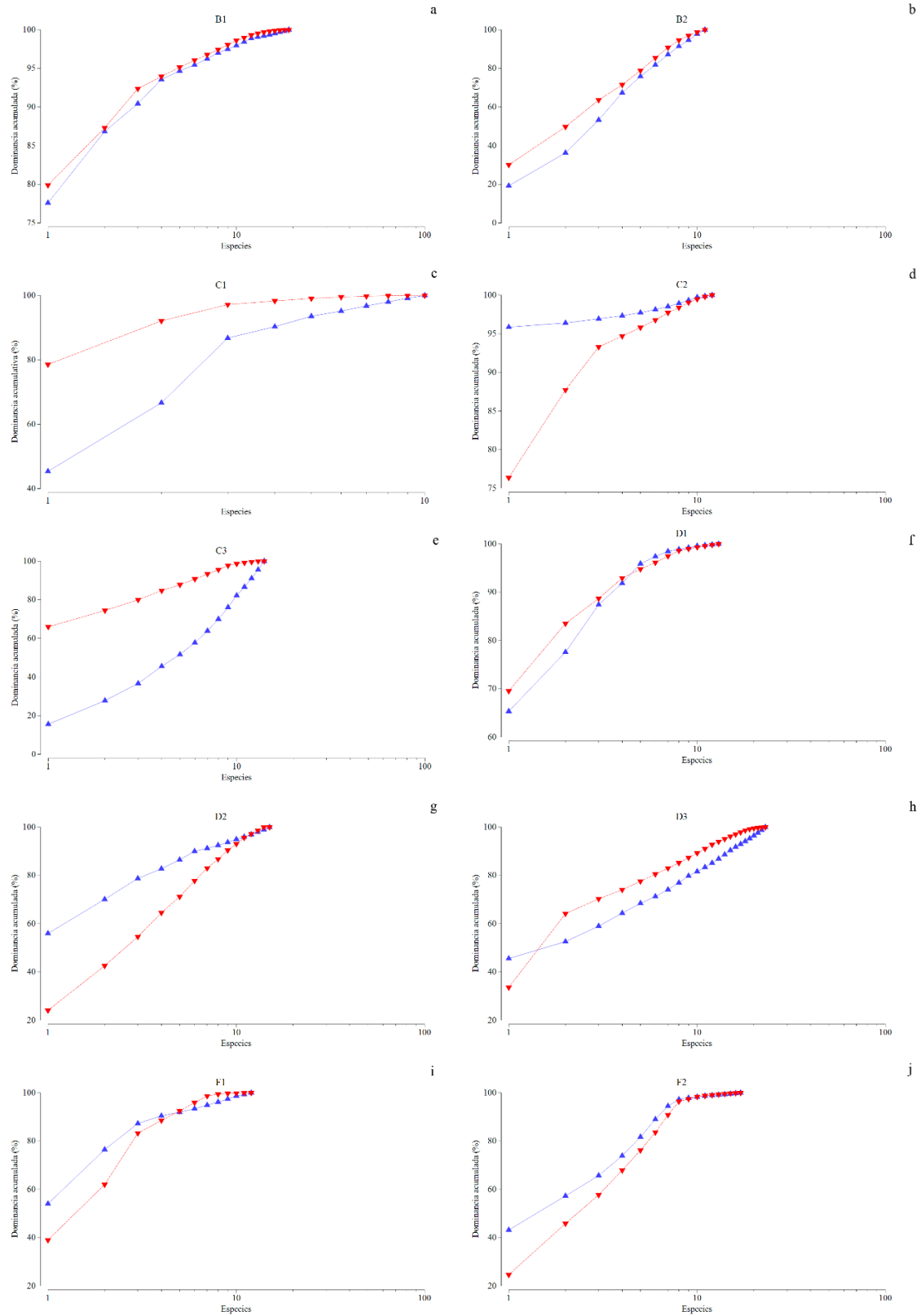


Figura 4.5. Curvas ABC calculadas a partir de los valores de abundancia y biomasa de la megafauna bentónica presente en el CPP, evaluada durante el crucero Perdido II (PII). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.

Durante la segunda campaña del CPP (PIII), fue observada una buena condición ambiental en cinco estaciones localizadas en su mayoría en la zona costera (B1, C1, C3, F1 y F2; Figuras 4.6a, c, d, h, i), mientras que las estaciones D1 y D3 presentaron secciones de las curvas donde la abundancia presentó valores más altos a los registrados en la biomasa (Figuras 4.6e, g).

En la estación B2 ubicada a 94.6m de profundidad exhibió un resultado no concluyente debido a la escasa fauna capturada en dicha área (Figura 4.6b); mientras que la estación D2 exhibió curvas típicas de áreas perturbadas y un valor negativo del índice W (Figura 4.6f; Tabla 4.2). Los valores del índice W calculados para la dos evaluaciones no exhibieron diferencias entre evaluaciones (t-student, $t=-0.10$, $gl=10.99$, $p=0.92$). Entre áreas de estudio fue posible identificar diferencias en los valores del índice W (Mann-Whitney, $Z=-2.85$, $p<0.005$).

Tabla 4.2. Análisis de comparación de las curvas de abundancia y biomasa de la comunidad megabentónica del Cinturón Plegado Perdido (CPP). Se presentan los valores totales de abundancia, biomasa de la fauna capturada en los cruceros Perdido II (PII) y Perdido III (PIII) y los valores del estadístico W .

Estación	Crucero oceanográfico PII			Crucero oceanográfico PIII		
	Abundancia	Biomasa	W	Abundancia	Biomasa	W
B1	35.98	87.70	0.013	15.58	19.40	0.102
B2	4.62	21.19	0.111	0.78	0.48	0.052
C1	12.08	54.15	0.206	6.517	19.46	0.193
C2	39.57	42.16	-0.072	-----	-----	-----
C3	1.64	7.90	0.565	7.30	10.50	0.087
D1	38.57	107.99	0.014	12.95	25.37	0.039
D2	8.09	17.08	-0.210	45.04	45.07	-0.038
D3	7.05	22.78	0.119	5.28	10.10	0.011
F1	6.75	5.05	-0.039	35.80	16.21	0.061
F2	30.79	55.33	-0.074	11.37	14.43	0.130

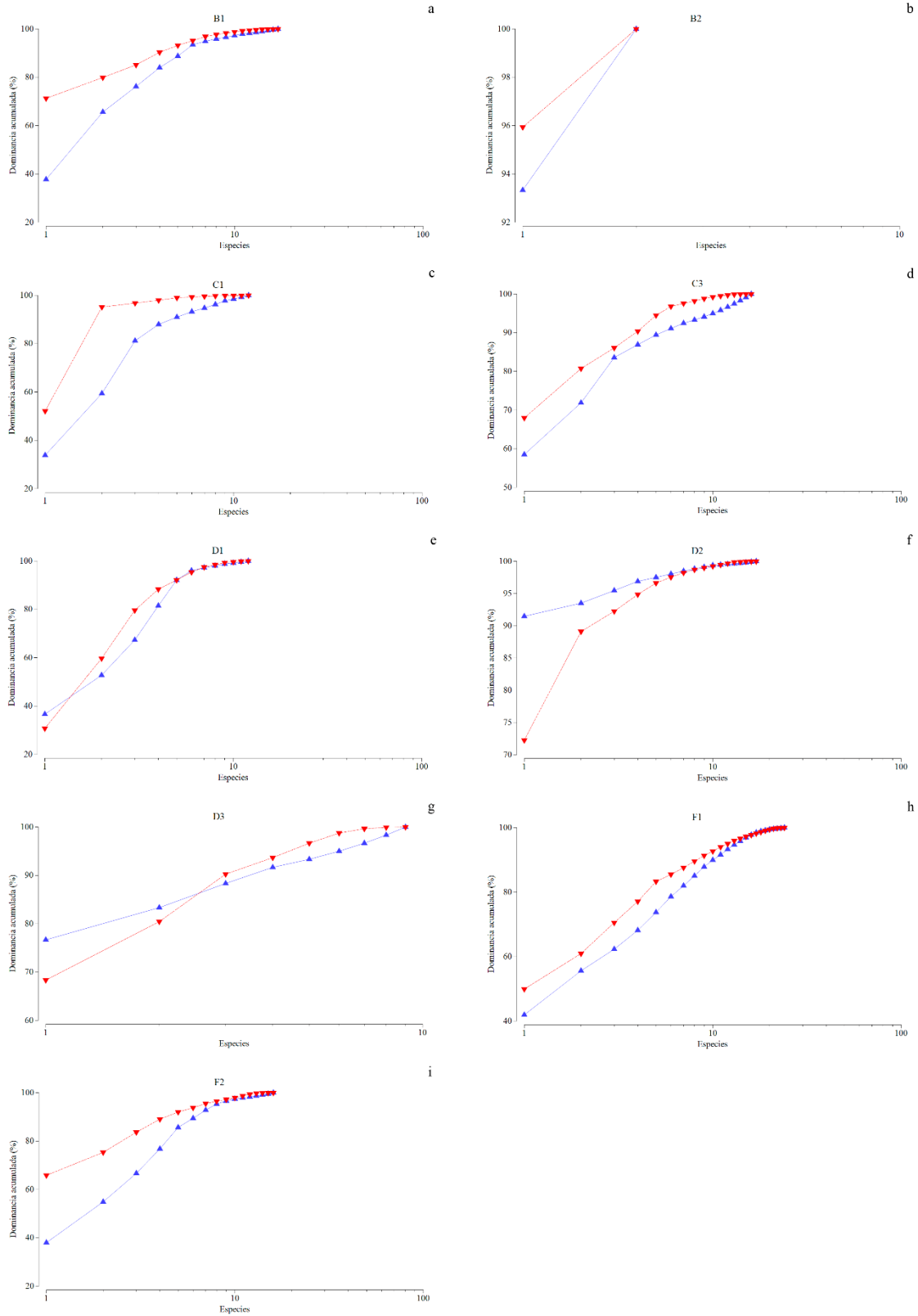


Figura 4.6. Curvas ABC calculadas a partir de los valores de abundancia y biomasa de la megafauna bentónica presente en el CPP, evaluada durante el crucero Perdido III (PIII). Los valores de abundancia se presentan en color azul y en rojo los de biomasa.

4.3.2 Diversidad Alfa (α) de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP).

4.3.2.1 Evaluación Gomex

La evaluación de los MEPY de diciembre de 2015 y abril de 2016 (GA y GB, respectivamente), aportó un valor de riqueza de especies promedio en el GA de 32 ± 22 especies. Los valores extremos del grupo fueron observados en las estaciones A5 y F29 (54 y 8 especies, respectivamente). La riqueza esperada de especies promedio fue de 30 ± 21 y presentó el mismo tendencia de la riqueza observada (S), con valores entre 51 y 8 especies respectivamente (Figura 4.7a); estos dos índices no exhibieron diferencias de acuerdo con los valores aportados por la prueba de Mann-Whitney ($Z= 0.31, p= 0.75$; Figura 4.7a).

La diversidad evaluada con el índice de Shannon-Wiener (H') presentó un valor promedio de 3.43 ± 1.01 bits ind^{-1} . La estación B8 presentó el valor más elevado y el más bajo fu observado en estación A3 (4.82 bits ind^{-1} y 2.40 bits ind^{-1} , respectivamente; Figura 4.7c). Por su parte, la diversidad máxima promedio fue de 4.57 ± 1.37 ; siendo su valor más elevado 5.75 bits ind^{-1} en la estación A5 y el más bajo 3.0 bits ind^{-1} observado en la F29 (Figura 4.7c); a pesar de las diferencias observadas entre H' y H_{max} , no se presentaron diferencias entre estas medidas de diversidad (Mann-Whitney, $W=4, p= 0.09$).

El valor promedio de H_b' del GA fue 2.96 ± 1.04 bits kg^{-1} . La estación B8 exhibió el valor más elevado (4.18 bits kg^{-1}) y la F29 el más bajo (1.88 bits kg^{-1} ; Figura 4.7e). Las medidas de diversidad observada calculadas a partir de la abundancia y la biomasa no fueron diferentes exhibieron diferencias en la distribución de los valores (Mann-Whitney, $W=15, p= 0.06$).

La equitatividad (J') en el sector oeste de los MEPY presentó un valor promedio de 0.78 ± 0.20 ; los valores de este índice fluctuaron entre 0.97 en la estación F29 y 0.45 en la estación A3 (Figura 4.7c), indicando una distribución más uniforme en los valores de abundancia en la estación F29. Entre tanto, el valor de dominancia de especies promedio del GA fue 0.16 ± 0.10 , la estación A3 presentó el valor más alto ($\lambda = 0.33$), mientras que la estación B8 exhibió el valor más bajo (0.07 ; Figura 4.7g).

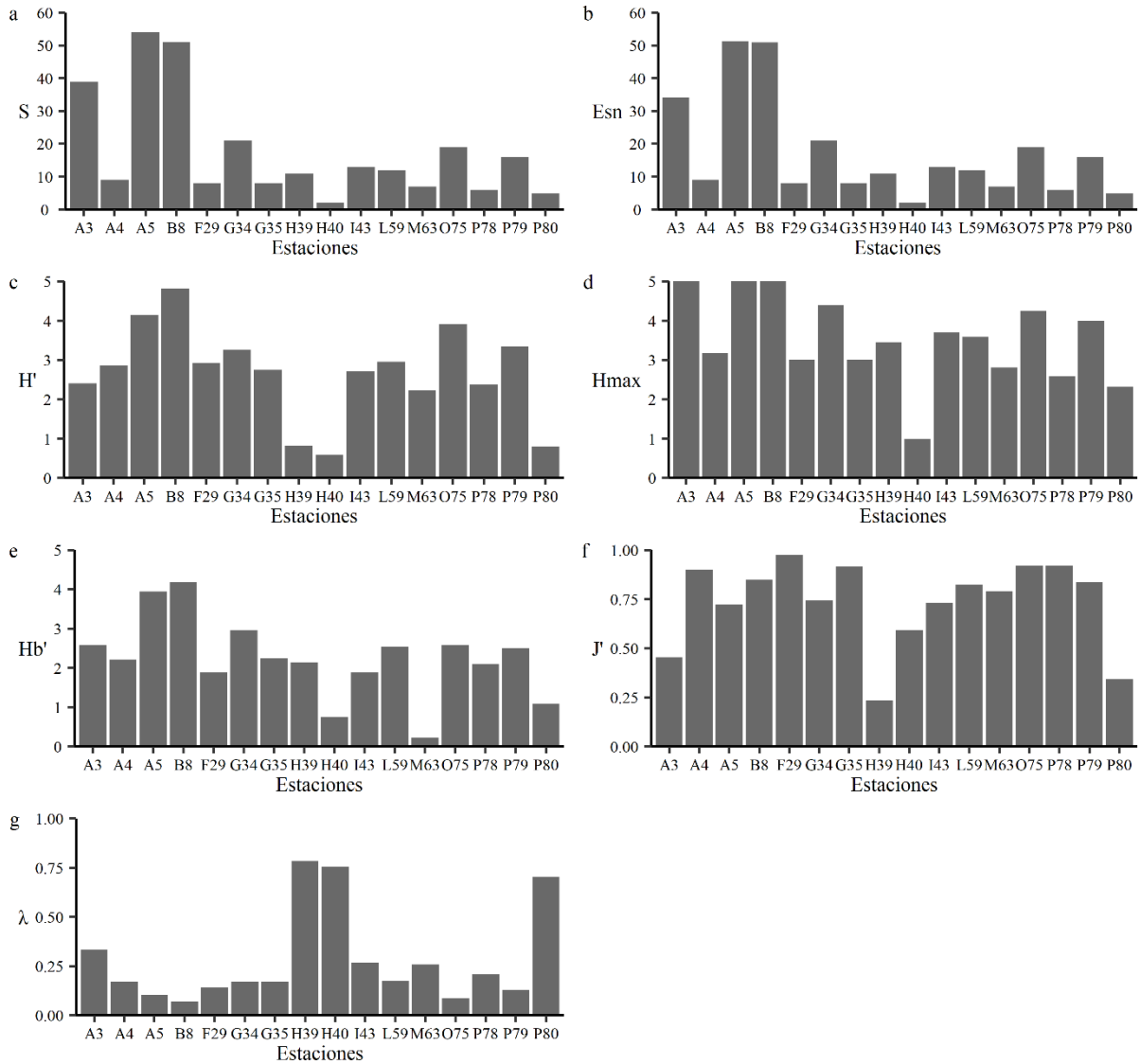


Figura 4.7. Índices ecológicos de diversidad local de la megafauna bentónica de los MEPY evaluada en el cruceo Gomez IV (GIV). **a.** Riqueza de especies (S), **b.** Número de especies estimadas por rarefacción (Esn), **c.** Diversidad de Shannon-Wiener (H'), **d.** Diversidad máxima (H_{max}), **e.** Diversidad biomasa (Hb'), **f.** Equitabilidad (J'), **g.** Dominancia (λ).

El GB presentó valores promedio de S, Esn, H' y H_{max} menores a los del GA; sin embargo, los valores de λ fueron más elevados, indicando la presencia de comunidades más diversas en el sector oeste. El valor promedio de la riqueza fue 10±6 especies, con valores promedio similares en los sectores central y este (11±7 y 11±6, respectivamente; Figura 4.7a). El valor más elevado se registró en la estación G34 (S=21 especies), mientras que en la estación H40 fueron capturadas dos especies (Figura 4.7a). Al igual que en el GA no se presentaron diferencias entre los valores

de riqueza esperada y observada, al grado de ser innecesario el uso de una prueba estadística (Figura 4.7a-b).

El valor promedio de H' en el grupo GB fue 2.34 ± 1.13 bits ind^{-1} , la fauna capturada en abril de 2016 fue más diversa en el este de los MEPY que en el centro (2.60 ± 1.08 bits ind^{-1} y 2.02 ± 1.23 bits ind^{-1} , respectivamente). La estación O75 presentó el valor más elevado de diversidad y la H40 el más bajo (3.90 bits ind^{-1} y 0.59 bits ind^{-1} , respectivamente; Figura 4.7c). La diversidad máxima o esperada presentó un valor promedio de 3.19 ± 0.99 y siguió el patrón de diversidad por sector observado en el índice H' (3.25 ± 0.79 bits ind^{-1} y 3.11 ± 1.28 bits ind^{-1} , respectivamente); las estaciones G34 y H40 presentaron los valores más altos y bajos respectivamente (4.39 y 1.00). Las medidas de diversidad observadas y esperadas del GB no fueron diferentes de acuerdo con los valores aportados por la prueba t-student (Figuras 4.11c-d; t-student= -1.88 $gl=20$, $p=0.07$).

En términos de biomasa, el valor promedio de H_b' en el GB fue 1.91 ± 0.86 bits kg^{-1} , siendo el sector central la zona con el valor más alto con respecto al este (1.99 ± 0.79 bits kg^{-1} y 1.84 ± 0.97 bits kg^{-1} , respectivamente). La estación G34 presentó el valor más elevado y al M63 el más bajo (2.95 bits kg^{-1} y 0.22 bits kg^{-1} , respectivamente; Figura 4.7e). En este grupo las medidas de diversidad obtenidas a partir de la abundancia y la biomasa no fueron diferentes en términos de sus medias (t-student= 1.00 $gl=20$, $p=0.33$).

En el GB el valor promedio de la equitatividad fue de 0.71 ± 0.23 , siendo más equitativa el este que en el centro de los MEPY (0.64 ± 0.25 y 0.77 ± 0.22 , respectivamente). El valor más elevado fue registrado en la estación P78 ($J'=0.92$), mientras que la estación H39 presentó el más bajo ($J'=0.24$).

El valor promedio del índice λ fue 0.33 ± 0.27 , con mayor dominancia en el centro que al este de los MEPY (0.43 ± 0.31 y 0.26 ± 0.22 , respectivamente). La estación H39 presentó la dominancia más elevada, mientras que la más baja se observó en la O75 (0.78 y 0.08 , respectivamente; Figura 4.7g).

Entre los grupos GA y GB no se presentaron diferencias en términos de riqueza (Mann-Whitney, $W= 15$, $p= 0.18$), diversidad (Mann-Whitney, $W= 41$, $p= 0.14$), diversidad a partir de la biomasa (Mann-Whitney, $W= 42.5$, $p= 0.10$), equitatividad (Mann-Whitney, $W= 32$, $p= 0.66$), ni dominancia (Mann-Whitney, $W= 15$, $p= 0.18$).

Durante la segunda campaña fue posible observar un patrón similar en cuatro de los seis índices calculados (S , E_{Sn} , H' , H_{max}), con altos en el centro, intermedios en el oeste y bajos en el este (Figuras 4.8a-d), mientras que el índice λ presentó un patrón inverso y el índice de equitatividad fluctuó a lo largo de las estaciones (Figura 4.8a-g).

La riqueza de especies presentó un valor promedio de 39 ± 23 especies, los valores elevados en el centro de los MEPY (centro= 60 ± 19 especies), bajos en el este de los MEPY, e intermedios en el oeste (este= 22 ± 16 especies y oeste= 32 ± 17 especies; Figura 4.8a). Las estaciones I43 y H39 presentaron los valores más elevados de riqueza (87 y 82 especies), mientras que en la estación P80 se capturaron ocho especies (Figura 4.8a). Los valores de riqueza esperada y observada siguieron el patrón observado durante el crucero G4, siendo innecesario realizar pruebas estadísticas entre los dos índices (Figura 4.8a-b).

El valor de diversidad promedio fue 4.03 ± 0.94 bits ind^{-1} , siguiendo el patrón de la riqueza (central= 4.58 ± 0.91 bits ind^{-1} , oeste= 4.09 ± 0.62 bits ind^{-1} y este= 3.30 ± 0.88 bits ind^{-1}) (Figura 4.8c). La estación H39 presentó el valor más alto de diversidad (5.31 bits ind^{-1}) y el más bajo se registró en la estación P80 (2.66 bits ind^{-1}).

Por su parte, la diversidad máxima presentó un valor promedio de 5.00 ± 1.03 , en el sector central su valor fue 5.84 ± 0.44 , con valores de 4.80 ± 0.86 en el oeste y 4.17 ± 1.05 en el este. La estación I43 presentó el valor más alto (4.47) y la P80 el valor más bajo (2.08 ; Figura 4.8d). Las medias de la diversidad observada y esperada fueron diferentes (t-student, $t=-2.76$, $gl=29.73$, $p=0.009$).

El valor promedio del índice H_b' fue menor al valor calculado de H' (3.01 ± 0.91 bits kg^{-1} ; Figuras 4.8c, e), aunque siguió el mismo patrón de dicho índice (central= 3.56 ± 0.97 bits kg^{-1} , oeste= 2.94 ± 0.68 bits kg^{-1} , este= 2.41 ± 0.74 bits kg^{-1} ; Figura 4.8c). La estación I43 exhibió el valor más elevado (4.53 bits kg^{-1}) y la P78 el valor más bajo (1.42 bits kg^{-1} ; Figura 4.8c). Las medidas de diversidad obtenidas a partir de la abundancia y la biomasa exhibieron diferencias evidentes en sus medias (t-student, $t=3.12$, $gl=29.96$, $p=0.003$).

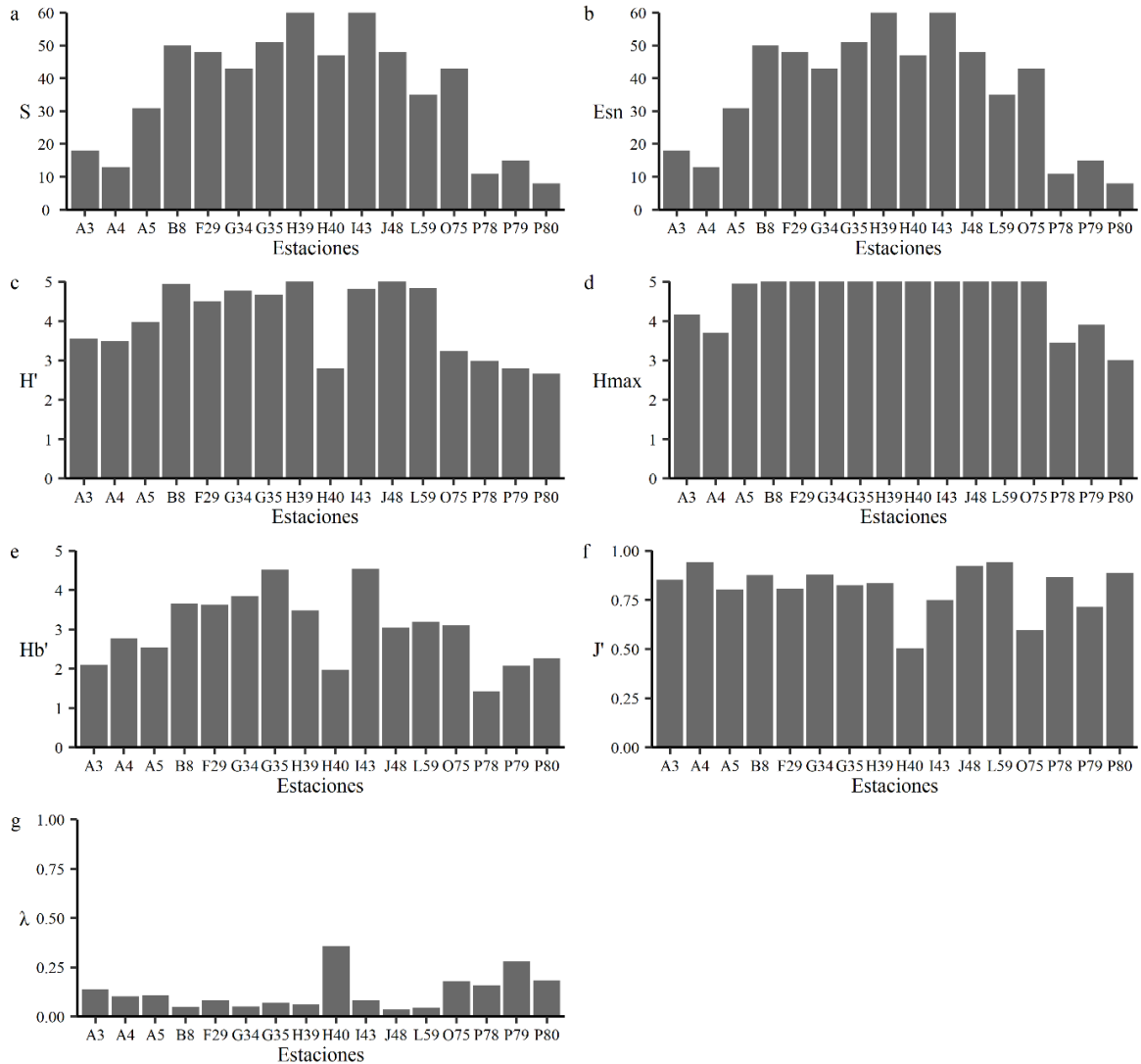


Figura 4.8. Índices ecológicos de diversidad local de la megafauna bentónica de los MEPY evaluada durante el crucero Gomex V (GV). a. Riqueza de especies (S), b. Número de especies estimadas por rarefacción (Esn), c. Diversidad de Shannon-Wiener (H'), d. Diversidad máxima (H_{max}), e. Diversidad biomasa (Hb'), f. Equitatividad (J'), g. Dominancia (λ).

El valor promedio del índice de equitatividad fue 0.81 ± 0.12 , el centro de los MEPY exhibió el valor más bajo (0.78 ± 0.15), mientras que los extremos presentaron valores similares (oeste= 0.85 ± 0.05 y este= 0.80 ± 0.14). Las estaciones A4 y L59 presentaron el valor más elevado ($J' = 0.94$; Figura 4.8f) y la estación H40 el más bajo (0.50). Entre tanto, el valor de dominancia promedio fue 0.12 ± 0.09 , con valores más altos en el este, seguido del centro y el oeste (este= 0.17 ± 0.08 , central= 0.11 ± 0.12 y oeste= 0.09 ± 0.03 ; Figura 4.8e). La estación H40 presentó el valor más elevado H40 (0.36) mientras que el más bajo se registró en la estación J48 (0.03).

4.3.2.2 Evaluación Perdido

Durante la primera campaña en el CPP (PII), los índices de diversidad local presentaron amplios rangos de fluctuación y fueron observados en diferentes estaciones, siendo un indicador de la heterogeneidad del área evaluada (Figuras 4.9a-g). El índice de riqueza de especies presentó un valor promedio de 15 ± 4 especies, siendo la zona profunda (D) el área con el mayor número de especies, seguido por la zona intermedia (S) y la costera (C) ($D=18 \pm 4$ especies, $S=13 \pm 4$ especies, $C=14 \pm 3$ especies). La estación D3 presentó el valor más elevado, mientras que la C1 exhibió el más bajo (23 y 10 especies, respectivamente; Figura 4.9a).

El valor de diversidad promedio fue 2.29 ± 0.97 bits ind^{-1} presentando una relación inversa con la profundidad ($C=1.86 \pm 0.35$ bits ind^{-1} , $S=2.13 \pm 1.21$ bits ind^{-1} , $D=3.48$ bits ind^{-1}). La estación C3 localizada 503.4 m de profundidad presentó el valor más elevado (3.69 bits ind^{-1}), mientras que la estación C2 a 96 m de profundidad presentó el valor más bajo (0.32 bits ind^{-1} , Figura 4.9c).

El valor promedio de la diversidad máxima fue 3.82 ± 0.84 y exhibió el mismo patrón de H' ($D=4.16 \pm 0.51$, $S=3.76 \pm 0.29$, $C=3.71 \pm 0.39$). La estación D3 exhibió el valor más elevado y la C1 (4.52 y 3.32 ; Figura 4.9d). Las medidas de diversidad observada y esperada no exhibieron diferencias (t-student, $t=-6.64$, $gl=18$, $p < 0.001$).

El valor promedio H_b' fue 2.21 ± 0.83 bits kg^{-1} y fue posible observar valores promedio similares entre la zona intermedia y profunda ($S=2.60 \pm 0.96$ bits kg^{-1} y $D=2.60 \pm 0.48$ bits kg^{-1}), mientras el valor más bajo y menos variable fue observado en la zona costera (1.86 ± 0.35 bits kg^{-1} ; Figura 4.9e). La estación D2 presentó el valor más elevado y la C1 el más bajo (3.34 bits kg^{-1} y 1.11 bits kg^{-1} ; Figura 4.9e). Aunque las medidas de diversidad en términos de abundancia y biomasa exhibieron patrones diferentes, no se registraron diferencias en sus medias (t-student, $t=0.20$, $gl=18$, $p=0.84$).

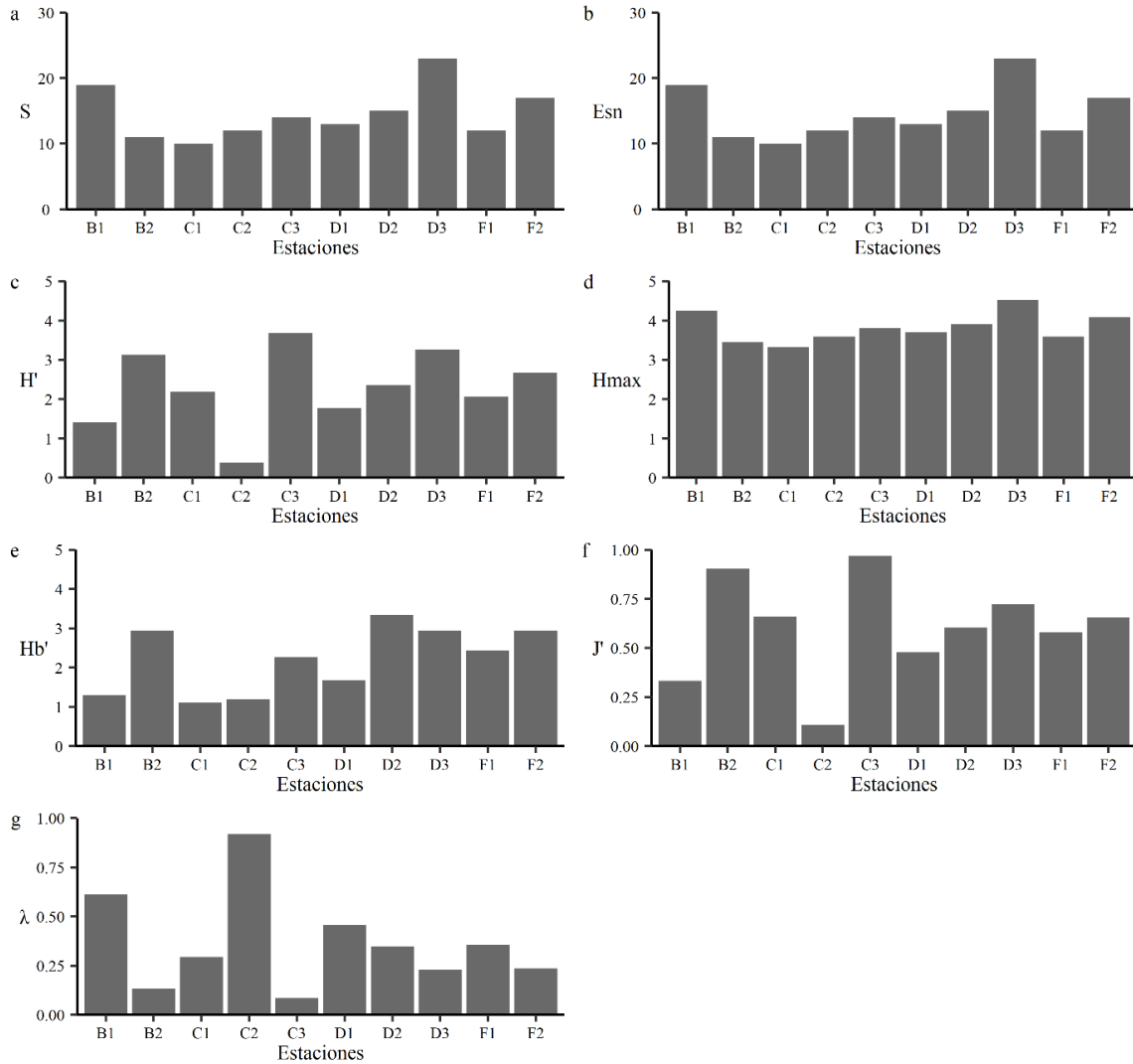


Figura 4.9. Índices de diversidad alfa de la comunidad megabentónica del Cinturón Plegado Perdido evaluada durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII), a. Riqueza de especies (S), b. Número de especies estimadas por rarefacción (Esn), c. Diversidad de Shannon-Wiener (H'), d. Diversidad máxima (H_{max}), e. Diversidad biomasa (Hb'), f. Equitatividad (J'), g. Dominancia (λ).

El valor de equitatividad promedio general de 0.60 ± 0.25 , siendo más alta en la zona profunda (0.84 ± 0.17), que en las zonas intermedias y costeras (0.56 ± 0.33 y 0.51 ± 0.14). La estación C3 exhibió el valor más elevado y la estación C2 el valor más bajo (0.97 y 0.11 , respectivamente; Figura 4.9e). Por otro lado, el valor promedio general de la dominancia de especies fue 0.36 ± 0.25 , presentando una relación inversa con la profundidad ($C=0.43 \pm 0.14$, $S=0.41 \pm 0.035$, $D=0.16 \pm 0.10$). La estación C2 exhibió la mayor dominancia de especies (0.91) y el valor más bajo lo presentó la estación C3 (0.08 ; Figuras 4.9f).

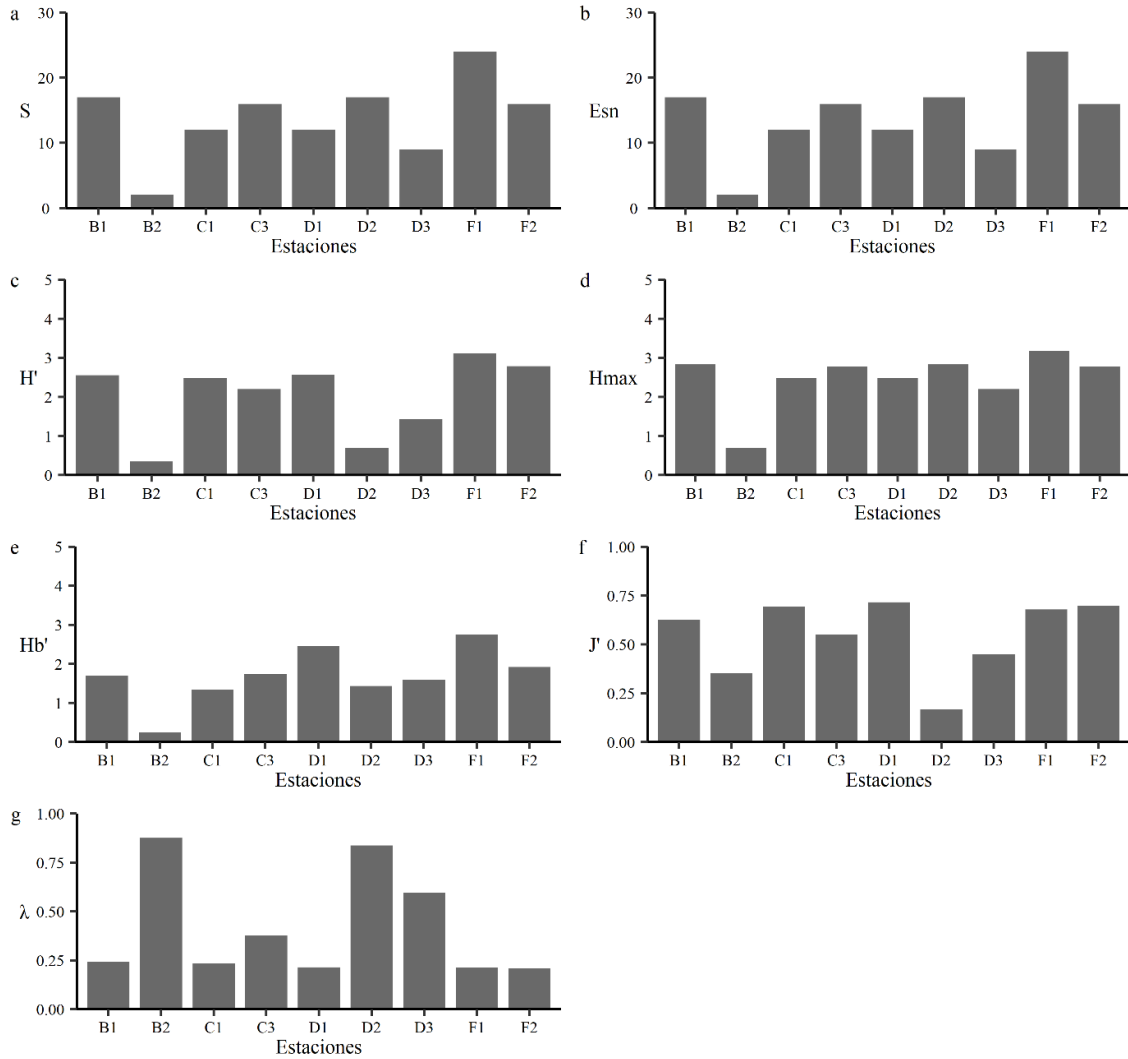


Figura 4.10. Índices de diversidad alfa de la comunidad megabentónica del Cinturón Plegado Perdido evaluada durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII). a. Riqueza de especies (S), b. Número de especies estimadas por rarefacción (Esn), c. Diversidad de Shannon-Wiener (H'), d. Diversidad máxima (H_{max}), e. Diversidad biomasa (Hb'), f. Equitabilidad (J'), g. Dominancia (λ).

Durante el crucero PIII, la riqueza de especies promedio fue menor a la registrada durante la evaluación anterior (14 ± 6 especies), siendo mayor el valor promedio en la zona costera que los observados en la intermedia y profunda ($C=16 \pm 6$ especies, $S=12 \pm 8$ especies, $D=12 \pm 5$ especies). La estación F1 presentó la mayor riqueza y la B2 el valor más bajo (24 y 2 especies; Figura 4.10a); dado que los valores de riqueza observados y esperados fueron iguales, no se realizó ninguna prueba de hipótesis (Figuras 4.10a-b).

El índice H' promedio general fue 2.02 ± 0.97 bits ind^{-1} , valor que fue más bajo al registrado en la evaluación anterior. La diversidad promedio fue más alta en la zona costera, seguida por las zonas intermedia y profunda ($C=2.68 \pm 0.29$ bits ind^{-1} , $D=1.67 \pm 0.10$ bits ind^{-1} , $S=1.27 \pm 1.32$ bits ind^{-1}). La

estación F1 exhibió valor más elevado de H' ($3.11 \text{ bits ind}^{-1}$), mientras que la B2 presentó el valor más bajo ($0.35 \text{ bits ind}^{-1}$; Figuras 4.10c).

El índice de diversidad máxima presentó un valor promedio general de 2.47 ± 0.72 y siguió el patrón de la diversidad observada ($C=2.74 \pm 0.33 \text{ bits ind}^{-1}$, $S=2.01 \pm 1.21 \text{ bits ind}^{-1}$, $D=2.48 \pm 0.41 \text{ bits ind}^{-1}$). La estación F1 presentó el valor más elevado y la B2 el más bajo (3.17 y 0.69 , respectivamente). Las medidas de diversidad observada y esperada no presentaron diferencias de acuerdo con la prueba Mann-Whitney ($Z=-1.19$, $p=0.25$).

El índice H_b' exhibió valores más bajos a los obtenidos con el índice H' (Figuras 4.10c-d). El valor promedio general de H_b' fue $1.68 \pm 0.71 \text{ bits kg}^{-1}$, con valores promedio bajos en la zona intermedia, elevados en la zona costera e intermedios en la zona profunda ($C=2.06 \pm 0.65 \text{ bits kg}^{-1}$, $S=1.20 \pm 0.86 \text{ bits kg}^{-1}$ y $D=1.67 \pm 0.100 \text{ bits kg}^{-1}$). La estación F1 presentó el valor más alto y la B2 el más bajo F1 y B2, siguiendo un patrón general del índice H' ($2.74 \text{ bits kg}^{-1}$ y $0.24 \text{ bits kg}^{-1}$, respectivamente). Los índices H' y H_b' no exhibieron diferencias en sus medias (t-student, $t=-1.12$, $gl=14.79$, $p=0.28$), indicando la presencia de patrón general de diversidad en el área evaluada.

El valor promedio general de equitatividad fue 0.55 ± 0.19 , los valores por zonas siguieron el patrón general de H' ($C=0.68 \pm 0.04$, $S=0.41 \pm 0.27$, $D=0.50 \pm 0.07$). Las estaciones D1 y D2 exhibieron los valores más altos y bajos, respectivamente (0.72 y 0.17 ; Figura 4.10e). Por su parte, la dominancia promedio general fue 0.42 ± 0.28 , siendo más elevada en la zona intermedia (0.64 ± 0.37), seguida por las zonas profunda y costera (0.48 ± 0.15 y 0.22 ± 0.01 , respectivamente). La estación B2 presentó la mayor dominancia (0.87), mientras que en la F2 se observó el valor más bajo (0.21 ; Figura 4.10f).

4.3.3 Diversidad beta de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP).

4.3.3.1 Evaluación Gomex

En los MEPY durante el crucero GIV los valores de diversidad beta total debida al cambio en la composición de especies y la sustitución en los valores de abundancia y de biomasa fueron 0.88, 0.89 y 0.90 (B_{SOR} , B_{BRAYa} y B_{BRAYb} , respectivamente). El recambio en la identidad de las especies fue responsable del cambio en la composición de especies ($B_{SIM}=0.79$, $B_{BALa}=0.85$ y $B_{BALb}=0.87$), sin que se presentará pérdida de las mismas, a lo largo de un gradiente con una elevada riqueza y abundancia o biomasa ($B_{NES}=0.09$, $B_{GRAa}=0.04$ y $B_{GRAb}=0.03$).

La comunidad evaluada durante abril de 2016 presentó valores similares en términos de diversidad total ($B_{SOR}=0.92$, $B_{BRAYa}=0.93$ y $B_{BRAYb}=0.93$), con menor grado de anidación ($B_{NES}=0.04$, $B_{GRAa}=0.02$ y $B_{GRAb}=0.02$), siendo el cambio en la identidad de las especies y la sustitución en los valores de abundancia y biomasa, los procesos responsables del cambio en la identidad de las especies en los MEPY ($B_{SIM}=0.88$, $B_{BALa}=0.91$ y $B_{BALb}=0.91$).

Tabla 4.3. Índices de diversidad beta calculados a partir de la composición, abundancia y biomasa de la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV).

Índices	Composición			Abundancia			Biomasa		
	B_{SOR}	B_{SIM}	B_{NES}	B_{BRAY}	B_{BAL}	B_{GRA}	B_{BRAY}	B_{BAL}	B_{GRA}
Oeste	0.88	0.79	0.09	0.89	0.86	0.04	0.90	0.87	0.03
Central	0.87	0.78	0.09	0.89	0.85	0.03	0.88	0.84	0.04
Este	0.91	0.86	0.05	0.93	0.91	0.02	0.93	0.91	0.01
MEPY	0.92	0.88	0.04	0.93	0.91	0.02	0.93	0.91	0.02

Los valores por sector permitieron establecer durante el crucero GIV menor diversidad beta total en el centro de los MEPY y mayor en el este (Tabla 4.3). El recambio fue más elevado en el sector este, mientras que en términos de composición la anidación fue igual en el centro y oeste de los MEPY, mayor en el oeste en términos de abundancia y el sector central presentó el valor más elevado en términos de biomasa (Tabla 4.3).

Durante la primera campaña de los MEPY, la estación M63 presentó contribuciones significativas a la beta diversidad en términos de abundancia y biomasa (M63, $p_{LCBDa}=0.004$, $p_{LCBDb}=0.006$;

Figuras 4.11b-c). En términos de abundancia 20 especies presentaron contribuciones elevadas, siendo las más importantes *C. echinoptera*, *Percnon gibbesi*, *C. ravenelii*, *A. spinicarpus*, *A. spinicarpus*, y *S. empusa* (Tabla 4.4). En términos de biomasa el conjunto de especies fue menos numeroso, en el cual *C. echinoptera*, *C. ravenelii* y *P. gibbesi* presentaron los valores más elevados (Tabla 4.4).

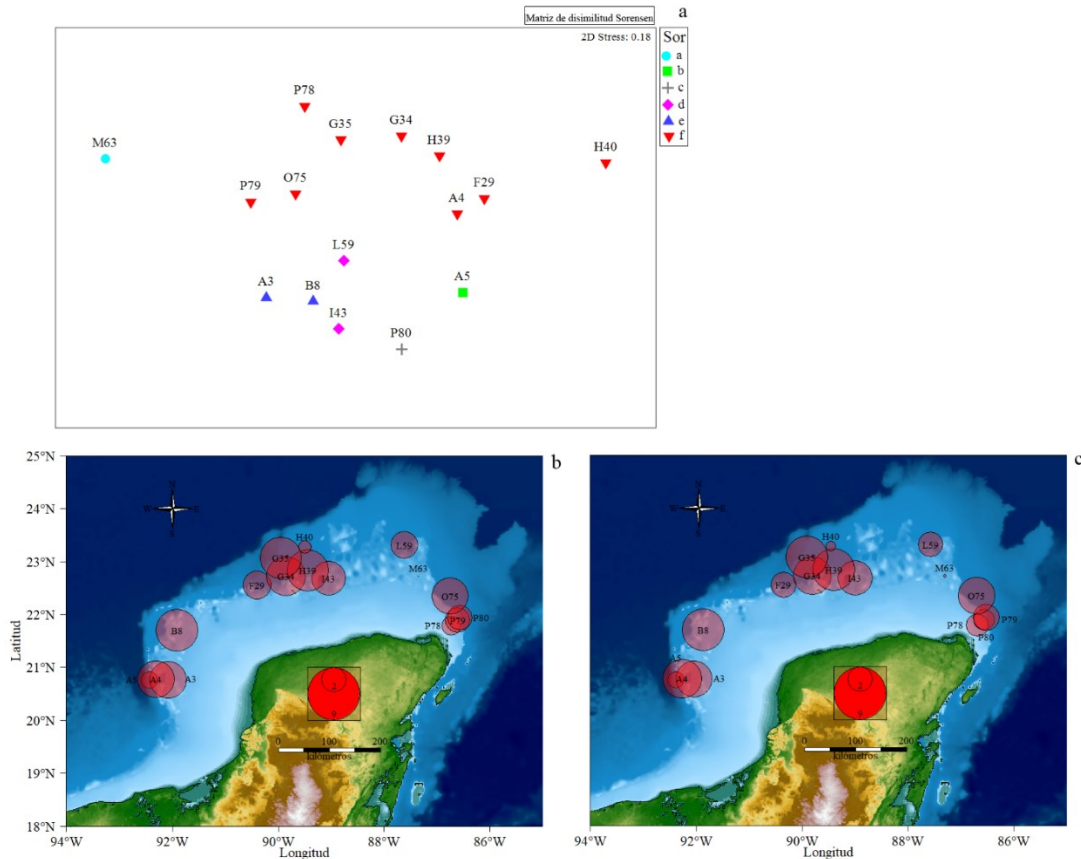


Figura 4.11. Medidas de diversidad beta calculada a partir de los valores de composición, abundancia y biomasa de la fauna capturada en el crucero Gomex IV (GIV). a, nMDS obtenido a partir de la matriz de disimilitud de Sorensen. b, contribuciones locales a la beta diversidad en términos de abundancia (LCBDa), c. Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de biomasa (LCBDb).

Durante el crucero GV el valor de B_{SOR} fue 0.93, mientras que en términos de abundancia y biomasa se obtuvo el mismo valor (0.94). El recambio de especies fue el proceso que influyó el cambio en la composición, abundancia y biomasa a lo largo de los MEPY ($B_{SIM}=0.89$, $B_{BALa}=0.92$ y $B_{BALb}=0.92$), con poca evidencia de pérdida de especies, lo cual fue más evidente en términos de biomasa ($B_{NES}=0.04$, $B_{GRAa}=0.02$ y $B_{GRAb}=0.02$).

Tabla 4.4. Contribución por especie a la beta diversidad (SCBD) de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex IV (GIV), se presentan valores de abundancia y biomasa de la comunidad.

Abundancia					
Phylum	Especie	SCBD	Phylum	Especie	SCBD
Arthropoda	<i>Percnon gibbesi</i>	0.030	Echinodermata	<i>Anthenoides peircei</i>	0.026
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	0.028	Echinodermata	<i>Holothuria occidentalis</i>	0.020
Arthropoda	<i>Squilla empusa</i>	0.026	Echinodermata	<i>Tripneustes ventricosus</i>	0.017
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	0.025	Echinodermata	<i>Eucidaris tribuloides</i>	0.015
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.018	Echinodermata	<i>Linckia guildingi</i>	0.015
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.017	Echinodermata	<i>Pseudarchaster gracilis</i>	0.015
Arthropoda	<i>Agolambrus agonus</i>	0.015	Echinodermata	<i>Acanthaster sp</i>	0.014
Cnidaria	<i>Phymanthus crucifer</i>	0.017	Porifera	<i>Diplastrella megastellata</i>	0.016
Echinodermata	<i>Comactinia echinoptera</i>	0.053	Porifera	<i>Tedania ignis</i>	0.016
Echinodermata	<i>Clypeaster ravenelii</i>	0.028	Porifera	<i>Aplysina fulva</i>	0.015

Biomasa					
Phylum	Especie	SCBD	Phylum	Especie	SCBD
Arthropoda	<i>Percnon gibbesi</i>	0.030	Echinodermata	<i>Clypeaster ravenelii</i>	0.036
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	0.029	Echinodermata	<i>Anthenoides peircei</i>	0.031
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	0.027	Echinodermata	<i>Linckia guildingi</i>	0.021
Arthropoda	<i>Squilla empusa</i>	0.024	Echinodermata	<i>Holothuria occidentalis</i>	0.020
Arthropoda	<i>Panulirus argus</i>	0.022	Echinodermata	<i>Pseudarchaster gracilis</i>	0.017
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.019	Echinodermata	<i>Tripneustes ventricosus</i>	0.015
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.016	Porifera	<i>Tedania ignis</i>	0.019
Arthropoda	<i>Calappa flammea</i>	0.016	Porifera	<i>Diplastrella megastellata</i>	0.017
Echinodermata	<i>Comactinia echinoptera</i>	0.052	Porifera	<i>Aplysina fulva</i>	0.016

Durante el crucero GV se observó el valor más elevado de B_{SOR} en el sector este, como resultado del cambio de la identidad de especies, siendo escaso el efecto de anidación (Tabla 4.5). EL valor de anidación fue elevado en el oeste y bajo en el centro (Tabla 4.5), patrón que se mantuvo en términos de abundancia y biomasa (Tabla 4.5). En términos de abundancia y biomasa las estaciones A3, P78 y P80 presentaron contribuciones locales significativas a la beta diversidad ($pLCBD_a < 0.05$; $pLCBD_b < 0.01$; Figuras 4.12b-c).

Tabla 4.5. Índices de diversidad beta calculados a partir de la composición, abundancia y biomasa de la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV).

Índices	Composición			Abundancia			Biomasa		
	BSOR	BSIM	BNES	BBRAY	BBAL	BGRA	BBRAY	BBAL	BGRA
Oeste	0.86	0.79	0.07	0.88	0.85	0.03	0.88	0.86	0.03
Central	0.86	0.82	0.04	0.87	0.85	0.01	0.87	0.86	0.01
Este	0.92	0.87	0.06	0.93	0.90	0.02	0.93	0.91	0.02
MEPY	0.93	0.89	0.04	0.94	0.92	0.02	0.94	0.92	0.02

En términos de abundancia, 36 especies presentaron contribuciones elevadas a la diversidad beta, siendo *S. diaphana*, *Portunus* sp, *P. gibbesii*, *I. subglobosa* quienes presentaron los valores más elevados. En términos de biomasa 40 especies exhibieron valores elevados, entre las cuales *S. diaphana*, *S. nodifer* y *P. setiferus* presentaron los valores más elevados (Tabla 4.6).

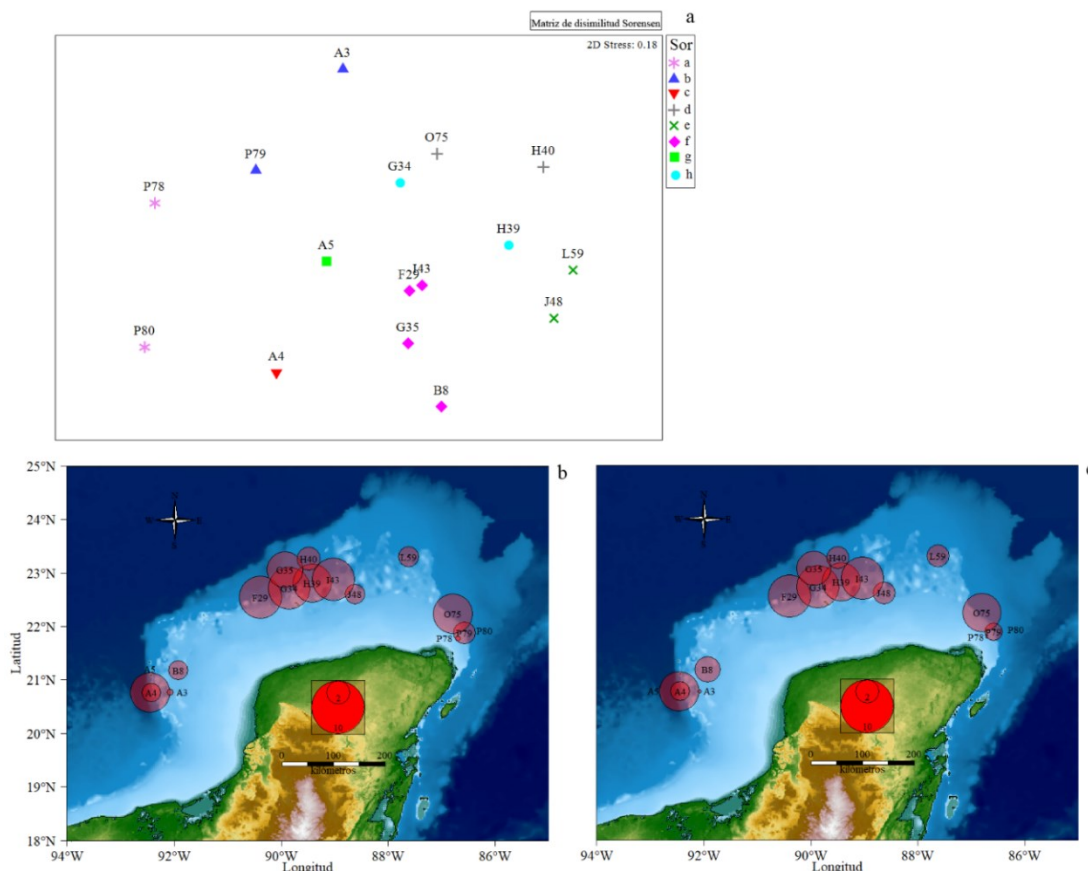


Figura 4.12. Medidas de diversidad beta calculada a partir de los valores de composición, abundancia y biomasa de la fauna capturada en el crucero Gomex V (GV). a, nMDS obtenido a partir de la matriz de disimilitud de Sorensen. b, Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de abundancia (LCBDa), c. Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de biomasa (LCBDb).

Tabla 4.6. Contribución por especie a la beta diversidad (SCBD) de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Gomex V (GV), se presentan valores obtenidos a partir de la abundancia y biomasa de la comunidad.

Abundancia					
Phylum	Specie	SCBD	Phylum	Specie	SCBD
Arthropoda	<i>Portunus</i> sp	0.017	Echinodermata	<i>Comactinia echinoptera</i>	0.011
Arthropoda	<i>Portunus gibbesii</i>	0.016	Echinodermata	<i>Ophiacantha echinulata</i>	0.011
Arthropoda	<i>Iliacantha subglobosa</i>	0.015	Echinodermata	<i>Nymphaster arenatus</i>	0.009
Arthropoda	<i>Sicyonia</i> sp	0.014	Echinodermata	<i>Clypeaster chesheri</i>	0.007
Arthropoda	<i>Sicyonia brevirostris</i>	0.013	Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	0.006
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.012	Mollusca	<i>Globivenus rigida</i>	0.011
Arthropoda	<i>Scyllarides nodifer</i>	0.011	Mollusca	<i>Euvola raveneli</i>	0.010
Arthropoda	<i>Stenocionops furcatus</i>	0.011	Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	0.008
Arthropoda	<i>Achelous ordwayi</i>	0.009	Mollusca	<i>Aequipecten exasperatus</i>	0.008
Arthropoda	<i>Dardanus insignis</i>	0.009	Mollusca	<i>Botula fusca</i>	0.007
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.009	Mollusca	<i>Chama macerophylla</i>	0.007
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	0.008	Mollusca	<i>Polycera chilluna</i>	0.006
Arthropoda	<i>Periclimenes iridescens</i>	0.007	Porifera	<i>Hymeniacidon heliophila</i>	0.011
Arthropoda	<i>Platylambrus granulatus</i>	0.007	Porifera	<i>Ulosa</i> sp	0.010
Cnidaria	<i>Sertularella diaphana</i>	0.020	Porifera	<i>Mycale</i> sp	0.010
Cnidaria	<i>Titanideum frauenfeldii</i>	0.008	Porifera	<i>Halichondria (Halichondria) bowerbanki</i>	0.009
Cnidaria	<i>Millepora squarrosa</i>	0.006	Porifera	<i>Mycale (Aegogropila) americana</i>	0.006
Echinodermata	<i>Tamaria halperni</i>	0.013			

Biomasa					
Phylum	Specie	SCBD	Phylum	Specie	SCBD
Arthropoda	<i>Scyllarides nodifer</i>	0.019	Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	0.010
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.016	Echinodermata	<i>Comactinia echinoptera</i>	0.009
Arthropoda	<i>Iliacantha subglobosa</i>	0.015	Echinodermata	<i>Clypeaster chesheri</i>	0.008
Arthropoda	<i>Sicyonia</i> sp	0.014	Echinodermata	<i>Clypeaster ravenelii</i>	0.007
Arthropoda	<i>Portunus</i> sp	0.014	Mollusca	<i>Onustus longleyi</i>	0.011
Arthropoda	<i>Dardanus insignis</i>	0.012	Mollusca	<i>Busycoarctum coarctatum</i>	0.009
Arthropoda	<i>Periclimenes iridescens</i>	0.012	Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	0.009
Arthropoda	<i>Portunus gibbesii</i>	0.011	Mollusca	<i>Lobatus raninus</i>	0.009
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	0.011	Mollusca	<i>Globivenus rigida</i>	0.008
Arthropoda	<i>Stenocionops furcatus</i>	0.009	Mollusca	<i>Strombus alatus</i>	0.008
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.009	Mollusca	<i>Petalocochus irregularis</i>	0.007
Arthropoda	<i>Dardanus fucosus</i>	0.009	Porifera	<i>Hymeniacidon heliophila</i>	0.016
Arthropoda	<i>Platylambrus granulatus</i>	0.009	Porifera	<i>Halichondria (Halichondria) bowerbanki</i>	0.013
Arthropoda	<i>Sicyonia brevirostris</i>	0.009	Porifera	<i>Mycale</i> sp	0.011
Arthropoda	<i>Macrocoeloma camptocerum</i>	0.007	Porifera	<i>Tetilla laminaris</i>	0.011
Cnidaria	<i>Sertularella diaphana</i>	0.021	Porifera	<i>Ircinia strobilina</i>	0.011
Cnidaria	<i>Macrorhynchia ramulosa</i>	0.010	Porifera	<i>Mycale (Aegogropila) americana</i>	0.010
Echinodermata	<i>Tamaria halperni</i>	0.016	Porifera	<i>Plakortis angulospiculatus</i>	0.008
Echinodermata	<i>Lophaster verrilli</i>	0.015	Porifera	<i>Ulosa</i> sp	0.007
Echinodermata	<i>Nymphaster arenatus</i>	0.013	Porifera	<i>Cliona</i> sp	0.007

4.3.3.2 Evaluación Perdido

Los valores de diversidad beta registrados durante el crucero PII fluctuaron entre 0.87 y 0.88, siendo mayor el valor obtenido en términos de biomasa ($B_{BRAYb}=0.88$), mientras que los valores de composición y abundancia aportaron el mismo valor (B_{SOR} , $B_{BRAYa}=0.87$). El recambio de especies presentó un valor más alto que la anidación ($B_{SIM}=0.843$ y $B_{NES}=0.029$), patrón que fue consistente en los valores de sustitución y subgrupos aportados por los índices de disimilitud calculados a partir de la abundancia y biomasa ($B_{BALa}=0.860$, $B_{GRAa}=0.012$ y $B_{BALb}=0.863$, $B_{GRAb}=0.013$).

Tabla 4.7. Contribución por especie a la beta diversidad (SCBD) de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido II (PII), se presentan valores obtenidos a partir de la abundancia y biomasa de la comunidad.

		Abundancia			
Phylum	Especie	SCBD	Phylum	Especie	SCBD
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	0.059	Arthropoda	<i>Cancellus ornatus</i>	0.028
Arthropoda	<i>Callinectes sapidus</i>	0.058	Arthropoda	<i>Raninoides laevis</i>	0.027
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	0.047	Arthropoda	<i>Prionaster elegans</i>	0.027
Mollusca	<i>Mercenaria campechiensis</i>	0.041	Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	0.026
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	0.029	Mollusca	<i>Polystira tellea</i>	0.025

		Biomasa			
Phylum	Especie	SCBD	Phylum	Especie	SCBD
Arthropoda	<i>Callinectes sapidus</i>	0.071	Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	0.029
Arthropoda	<i>Calappa sulcata</i>	0.044	Arthropoda	<i>Cancellus ornatus</i>	0.028
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	0.042	Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	0.026
Mollusca	<i>Mercenaria campechiensis</i>	0.038	Arthropoda	<i>Raninoides laevis</i>	0.026
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	0.029			

Las estaciones C3 y D3 exhibieron contribuciones locales significativas a la diversidad beta en términos de abundancia y biomasa ($C3_{pLCBDa}<0.001$, $D3_{pLCBDa}<0.001$ y $C3_{pLCBDb}<0.001$, $D3_{pLCBDb}<0.001$; Figuras 4.13b-c). en términos de abundancia *A. cingulatus* y *C. sapidus* exhibieron los valores más altos del conjunto de 10 especies con mayor contribución a la diversidad beta ($SCBD>0.013\pm 0.012$; Tabla 4.7). En términos de biomasa, un conjunto de nueve especies exhibió los valores más altos ($SCBD>0.013\pm 0.012$), siendo *C. sapidus* y *C. sulcata* las especies que presentaron los valores más altos (Tabla 4.7).

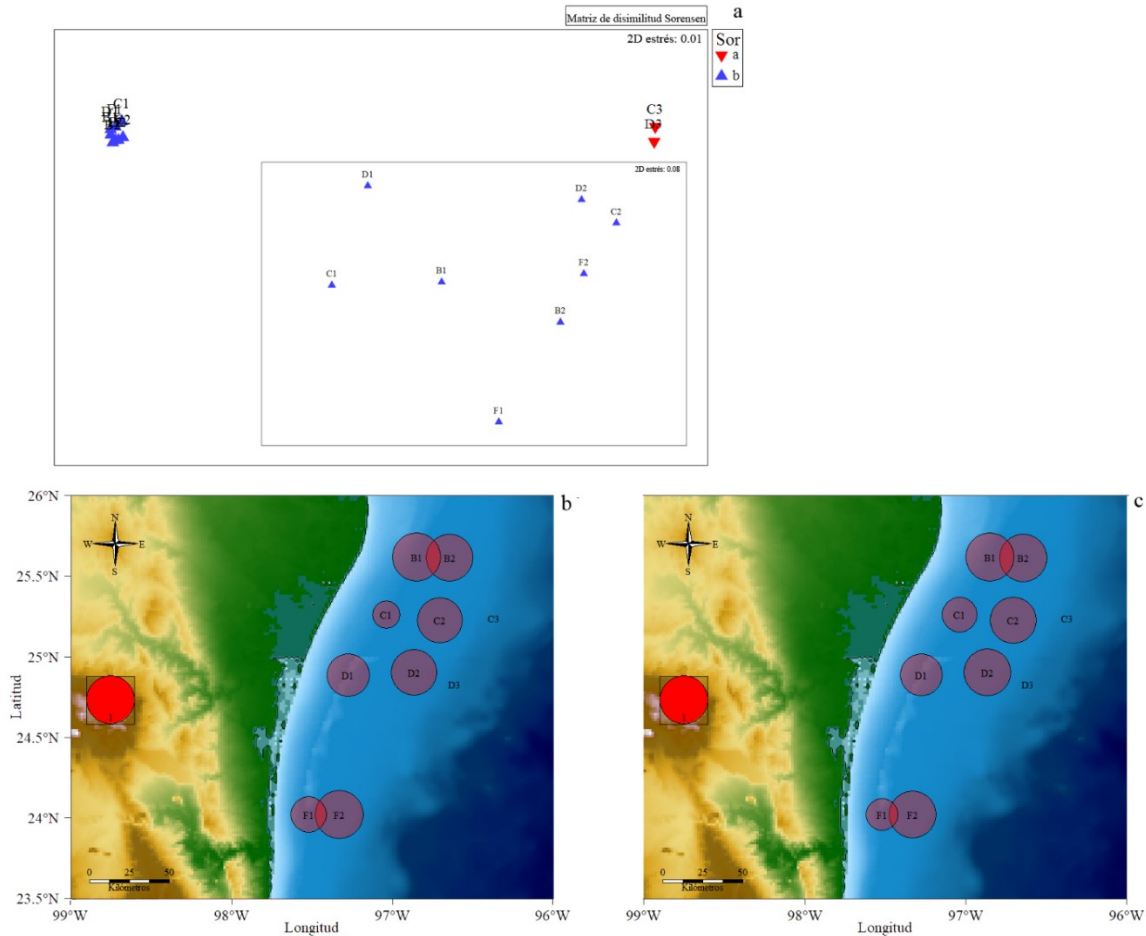


Figura 4.13. Medidas de diversidad beta calculada a partir de los valores de composición, abundancia y biomasa de la fauna capturada en el crucero Perdido II (PII). a, nMDS obtenido a partir de la matriz de disimilitud de Sorensen. b, Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de abundancia (LCBDa), c. Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de biomasa (LCBDb).

Los valores de diversidad beta fueron más elevados en el transecto C que en el transecto D ($B_{SORC}=0.888$, $B_{BRAYC}=0.900$; $B_{SOR D}=0.882$, $B_{BRAY D}=0.883$); en estos transectos el recambio de especies en términos de composición y abundancia exhibió valores ($B_{SIMC}=0.87$, $B_{BALC}=0.89$; $B_{SIMD}=0.85$, $B_{BALD}=0.87$), con una escasa pérdida de especies ($B_{NESC}=0.014$, $B_{GRAC}=0.006$; $B_{NESD}=0.029$, $B_{GRAD}=0.014$). Las estaciones profundas fueron las zonas que exhibieron diferencias en términos estructurales, siguiendo el patrón registrado con las pruebas SIMPROF y LINKTREE (capítulo III, Figuras 3.24a-b, 3.28, 3.32a-b, 3.36).

En el crucero PIII los valores de diversidad beta total fluctuaron entre 0.88 y 0.87, siendo los valores obtenidos a partir de la abundancia y biomasa quienes exhibieron el valor más elevado 0.87, 0.88 y 0.88 (B_{BRAYa} , $B_{BRAYb} = 0.88$). El recambio de especies y la sustitución en los valores

de abundancia y biomasa aportaron el mismo valor ($B_{SIM}=0.86$, $B_{BALa}=0.86$ y $B_{BALb}=0.86$); entre tanto, la composición la anidación fue más elevada, aunque en los tres casos exhibieron valores bajos ($B_{NES}=0.05$, $B_{GRAa}=0.02$ y $B_{GRAb}=0.02$).

En términos de abundancia y biomasa las estaciones B2, C3 y D3 (Figuras 4.14b-c) exhibieron estructuras únicas (LCBD, $p<0.005$). A partir de la abundancia fue posible identificar siete especies con elevadas contribuciones a la diversidad beta, siendo *A. alligator* y *A. cingulatus* quienes presentaron los valores más elevados ($SCBD > 0.014\pm 0.016$); mientras que en términos de biomasa, seis especies exhibieron las mayores contribuciones ($SCBD > 0.014\pm 0.018$), siendo la especie *A. alligator* quien presentó el valor más alto (Tabla 4.8).

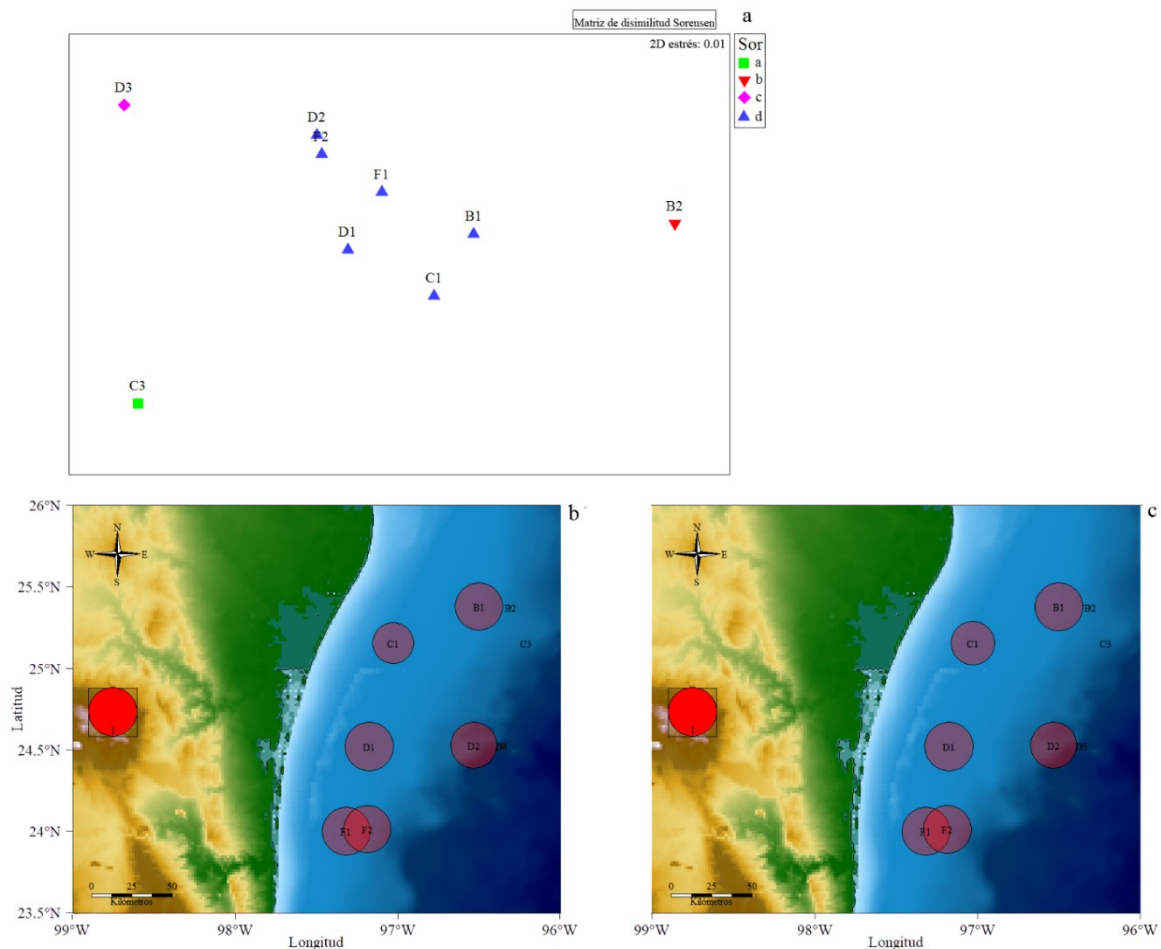


Figura 4.14. Medidas de diversidad beta calculada a partir de los valores de composición, abundancia y biomasa de la fauna capturada en el crucero Perdido III (PIII). a, nMDS obtenido a partir de la matriz de disimilitud de Sorensen. b, Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de abundancia (LCBDa), c. Contribuciones locales a la beta diversidad en términos de biomasa (LCBDb).

Tabla 4.8. Contribución por especie a la beta diversidad (SCBD) de la megafauna bentónica capturada durante el crucero Perdido III (PIII), se presentan valores obtenidos a partir de la abundancia y biomasa de la comunidad.

Abundancia					
Phylum	Especie	SCBD	Phylum	Especie	SCBD
Echinodermata	<i>Astropecten alligator</i>	0.111	Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	0.038
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	0.061	Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.037
Arthropoda	<i>Platylambrus granulatus</i>	0.044	Arthropoda	<i>Callinectes sapidus</i>	0.037
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	0.042			

Biomasa					
Phylum	Especie	SCBD	Phylum	species	SCBD
Echinodermata	<i>Astropecten alligator</i>	0.121	Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.046
Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	0.058	Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	0.045
Arthropoda	<i>Callinectes sapidus</i>	0.054	Echinodermata	<i>Isostichopus badionotus</i>	0.037

4.3.4 Diferencias temporales de las medidas de las medidas de condición y diversidad evaluadas.

En los MEPY entre las campañas oceanográficas GIV y GV, se registraron diferencias en los atributos comunitarios de riqueza de especies y diversidad tradicional local (Mann-Whitney=54.5, $p=0.017$; t-student=-3.56, $gl=28.56$ $p=0.001$; respectivamente), patrón no fue observado en términos de biomasa (t-student=-2.25, $gl=29.65$, $p=0.031$). En términos de composición de especies la prueba RELATE permitió establecer la ausencia de relación entre la fauna colectada durante el crucero oceanográfico GIV y el GV ($\rho=0.037$, 37.36%); mientras el índice LCBD a partir de la abundancia no presentó diferencias entre evaluaciones (t-student=3.4 10^{-7} , $gl=28.85$, $p=1$), aunque estas fueron observadas en términos de biomasa (Mann-Whitney, $W=0.95$, $p=0.579$).

En el CPP no se registraron diferencias entre evaluaciones en los índices S, H' y Hb' (t-student=0.40, $gl=14.06$, $p=0.692$; t-student=1.04, $gl=15.21$, $p=0.314$ y t-student=1.79, $gl=15.77$, $p=0.092$), patrón que se mantuvo en términos de composición de especies (RELATE, $\rho=0.492$, 5%) y en las contribuciones locales en términos de abundancia y biomasa (Mann-Whitney, $W=33$, $p=0.547$; $W=39$, $p=0.931$).

4.3.5 Relación entre los índices ecológicos y las variables ambientales

4.3.5.1 Índice W

El índice W calculado durante el crucero GIV no exhibió relaciones con las variables medidas durante la evaluación del componente biológico. En el crucero GV los valores del índice W presentaron relaciones directas con la temperatura de fondo ($\rho > 0.5$, $p > 0.05$), e inversas con la profundidad, $n-C_{11}$ y $n-C_{18}$ ($\rho < -0.05$, $p > 0.05$). Entre tanto, en el CPP los valores registrados durante el crucero PII solo exhibieron relaciones inversas con la salinidad ($\rho < -0.5$, $p > 0.05$); mientras que durante el crucero PIII no se presentaron relaciones entre este índice y las variables ambientales.

4.3.5.2 Índices de diversidad alfa y contribuciones locales a la diversidad beta

Durante el crucero GIV los índices de diversidad y riqueza de especies (H' , H_{\max} , Hb' , S , E_{sn}), exhibieron relaciones directas con la salinidad ($p < 0.05$; Spearman, $0.51 \leq \rho \leq 0.67$), mientras que el índice de dominancia presentó una relación inversa con dicha variable ($p < 0.05$; Spearman, $\rho = -0.61$).

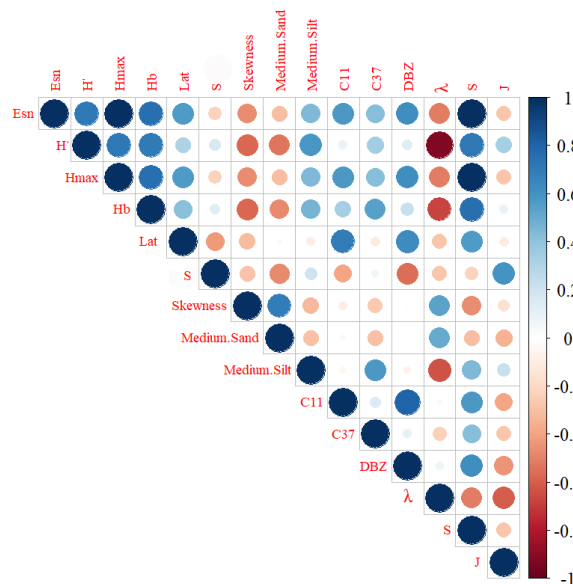


Figura 4.15. Análisis de correlación de Spearman entre las variables ambientales y los índices de diversidad local calculados a partir de los valores de abundancia y biomasa (Hb') de la fauna capturada durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV).

Los índices de diversidad local exhibieron relaciones directas con ocho variables ambientales con valores intermedios de correlación ($0.51 \leq \rho \leq 0.51$; Figura 4.19). La latitud fue un factor importante para la riqueza de especies esperada; mientras que la composición porcentual del sedimento y su asimetría grafica fueron determinantes para los valores de diversidad tradicional (H'). La equitatividad exhibió una relación directa con la salinidad, mientras que la presencia de $n\text{-C}_{37}$ contribuyó a los valores elevados del índice H_b' (Figura 4.15).

Entre tanto en el CPP la riqueza de especies observada, esperada y la diversidad máxima exhibieron el mismo patrón de interacción con las variables ambientales, presentando relaciones directas con el V, Ni, Cd y seis hidrocarburos en su mayoría alifáticos (Figura 4.20a). El índice H_b' exhibió relaciones directas con los $n\text{-C}_{13}$ y $n\text{-C}_{23}$, mientras que la dominancia presentó dichas relaciones con los $n\text{-C}_{30}$, $n\text{-C}_{31}$, $n\text{-C}_{32}$, 2.6-dimetilnaftaleno, el acenaftileno y el 2.3.5-trimetilnaftaleno (Figura 4.16a).

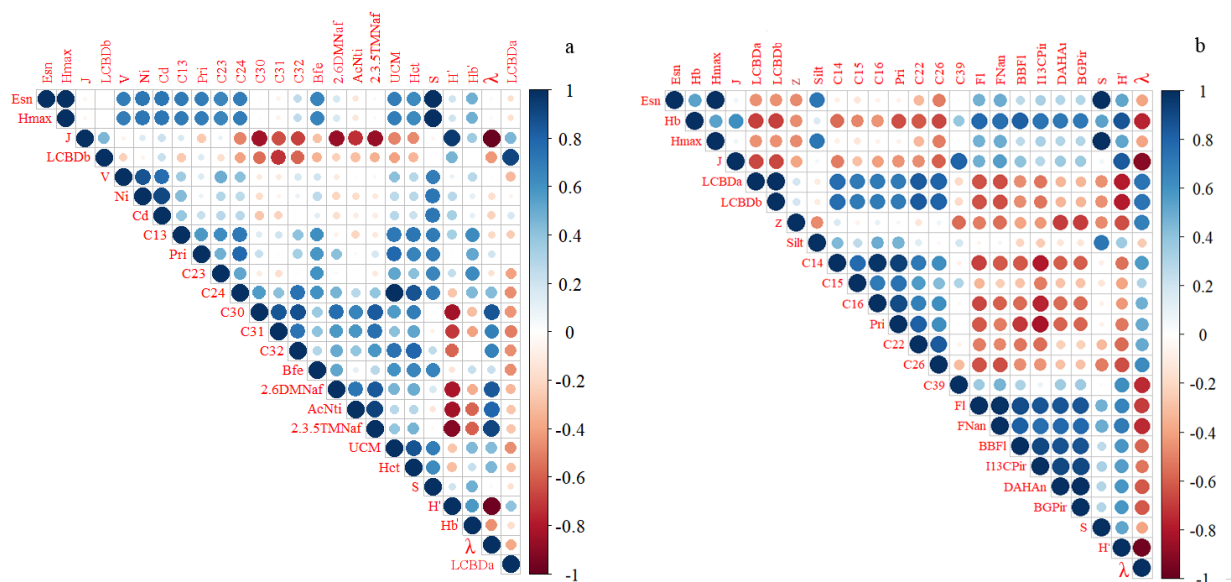


Figura 4.16. Análisis de correlación de Spearman entre las variables ambientales y los índices ecológicos de las evaluaciones realizadas durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).

Durante el crucero PIII la riqueza de especies observada, esperada y la diversidad máxima exhibieron relaciones directas con el porcentaje de limos en el sedimento, mientras que los índices H' y H_b' presentaron relaciones directas con hidrocarburos aromáticos; entre tanto la dominancia de especies exhibió una relación directa con la profundidad ($\rho > 0.5$; Figura 4.16b). Los valores de

LCBD calculados a partir de la abundancia y la biomasa exhibieron relaciones directas con hidrocarburos alifáticos ($\rho > 0.5$; Figura 4.16b).

4.4 Discusión

4.4.1 Curvas ABC una primera aproximación a la condición ecológica del ambiente.

Durante el crucero GIV fue evidente la influencia de la elevada complejidad estructural del suelo marino en los MEPY, la presencia de especies autógenas y de fuentes de alimento que favorecen las especies de gran tamaño presentes en estaciones con valores positivos del índice W , siendo dichos factores los que sustentan valores elevados de abundancia y biomasa (Taniguchi & Tokeshi 2004; Figuras 4.1-4.2).

Los patrones registrados en las estaciones A3 y B8 son atribuibles a la presencia de especies que no se presentan en ambientes perturbados y exhibieron talla pequeña, siendo esto indicador de la presencia de reclutas, proceso de la dinámica poblacional que afecta los resultados aportados por las curvas ABC (Dauer et al. 1993, Yemane et al. 2005, Lamptey 2015).

En la estación A3 las especies más abundantes exhibieron valores elevados de biomasa (*A. spinicarpus*, *A. spinimanus* y *P. setiferus*; Anexo capítulo III, Tabla 9.12), patrón atribuible a la presencia de sedimentos finos en el sector oeste de los MEPY provenientes de hábitats lodosos y de fanerógamas reportados por García (1980), los cuales favorecen el desarrollo de sus poblaciones (Lima et al. 2014). Entre tanto, en la estación B8 la discrepancia entre las especies abundantes y aquellas con mayor aporte de biomasa, se da en el marco de una comunidad compuesta en su mayoría por especies muy sensitivas, con escasa presencia de especies tolerantes a perturbaciones (e.g. *Geodia neptuni*; Borja et al. 2000, Rygg 2002, Rygg & Norling 2013, Cordier 2018).

El patrón registrado en la estación P78 fue resultado de la elevada abundancia de *S. típica* que exhibió un patrón de distribución ser atípico, ya que suele exhibir abundancias elevadas en zonas con sedimentos lodosos, valores de temperatura inferiores a 20°C y valores de salinidad superiores a 36 (Nunes 2012); sin embargo, la salinidad fue la única variable que coincidió con los valores reportados, mientras que los valores de temperatura y tamaño medio de grano distan de los reportados por Nunes (2012; Temperatura abril= 24.30°C y arenas medias).

En las estaciones que exhibieron el patrón típico de zonas perturbadas se capturaron especies sensitivas y especies indiferentes a perturbaciones (Borja et al. 2000, Rygg 2002, Rygg & Norling 2013, Cordier 2018), razón por la cual el presente análisis resultó poco confiable para establecer disturbios en el área evaluada (Figuras 4.1-4.2). por su parte, el patrón observado en la estación P80 es atribuible a la dominancia de las especies sensitivas a contaminación *S. empusa* y *A. spinicarpus* (Borja et al. 2000, Rygg 2002, Rygg & Norling 2013, Cordier 2018, Ah Yong 2019); siendo la elevada abundancia de dichas especies resultado de reclutamiento, el cual ha sido reportado en el periodo comprendido entre los meses de enero a mayo (Maynou et al. 2004, da Silva et al. 2017), siendo factible que influenciaron los valores de abundancia por la presencia de organismos de talla pequeña durante la evaluación realizada durante abril de 2016.

Durante la segunda campaña de los MEPY realizada durante agosto de 2016, era de esperarse la presencia de patrones de curvas y valores del índice *W* típicos del disturbio ocasionado por el muestreo anterior, lo cual fue aparentemente registrado en cuatro de las 16 estaciones evaluadas. Sin embargo, en las estaciones que exhibieron cambios en los patrones de las curvas, se registró el aumento en el número de especies, una escasa presencia de especies compartidas, especies autogénicas diferentes a las registradas en la evaluación anterior y el aumento de los valores de biomasa entre evaluaciones (Anexo capítulo III, Tabla 9.15; Figuras 4.1d, g, j, 4.2c, 4.3d, g, j y 4.5c).

El patrón anteriormente mencionado fue evidente en las estaciones B8, G35, I43, O75; aunque en esta última estación se presentó una disminución en la cantidad de especies autogénicas (de 6 a 4 especies; Anexo capítulo III, Tabla 9.15), sin que se presentarán especies autogénicas compartidas (Anexo capítulo III, Tabla 9.15). A su vez, se presentó un aumento en la cantidad de especies motiles y sedentarias indiferentes ante perturbaciones, junto a especies sésiles tolerantes a perturbaciones y longevas (*e.g.* Poríferos), las cuales no fueron capturas durante el crucero GIV, siendo su presencia de manera conjunta resultado de la elevada complejidad del suelo de los MEPY.

En la estación B8 *Cliona varians* fue la única especie autogénica que compartida entre evaluaciones (Anexo capítulo III, Tabla 9.15), indicando la elevada complejidad estructural del área, lo cual impide establecer un efecto perturbador ocasionado por la evaluación anterior.

El patrón de la estación G35 es atribuible a la presencia de representantes de talla pequeña y bajos valores de biomasa de especies sensitivas a disturbios *A. zebra*, *A. americanus*, *F. laeviagata*, *P. granulatus*, *Portunus* sp y *Sicyonia* sp, lo cual podría estar indicando la influencia de organismos pequeños en las muestras debidos al reclutamiento de *A. zebra*, reportado en el meses de junio por Lista et al. (2016).

El patrón registrado en la estación I43 fue similar al registrado en la estación G35, donde especies sensitivas, con esperanzas de vida superiores a 5 años fueron responsables de la tendencia de las curvas de acumulación de abundancia (e.g. *A. spinicarpus*, *S. diaphana*, *S. furcatus*), siendo *I. strobilina* la única especie resistente a perturbaciones (Borja et al. 2000, Rygg 2002, Rygg & Norling 2013, Cordier 2018). Entre tanto, la presencia de tres especies indiferentes ante perturbaciones fueron las responsables del patrón observado la estación O75 (*A. intermedia*, *B. fusca* y *H. pundibundus*; Borja et al. 2000, Rygg 2002, Rygg & Norling 2013, Cordier 2018; Figuras 4.3g, j, 4.4c).

Durante el crucero PII, los organismos capturados en las estaciones C1 y C3 fueron en su mayoría crustáceos y equinodermos, los cuales han sido discriminados como grupos sensitivos (Borja et al. 2000, Rygg 2002, Rygg & Norling 2013, Clarke et al. 2014, Cordier 2018). Por otro lado, las estaciones B1 y B2 exhibieron menor presencia de equinodermos y una mayor cantidad de moluscos, organismos filtradores que dependen del aporte de partículas subsidiadas por aportes pelágicos o continentales, siendo la disponibilidad de esta fuente de energía determinante y su fluctuación una fuente de estrés (Pagola-Carte 2004), lo cual favorece los patrones observados en las curvas de dichas estaciones (Pagola-Carte 2004; Figuras 4.5 a, b, c, e).

Los patrones registrados en las estaciones D1 y F1 fueron resultado de la presencia de especies sensitivas, que presentaron al igual que en los MEPY talla pequeña, siendo *A. fulva* la única especie tolerante a perturbaciones, que favoreció la presencia de mega y macrofauna bentónica debido a su carácter autogénico (Borja et al. 2000, Rygg 2002, Rygg & Norling 2013, Clarke et al. 2014, Cordier 2018). En la estación D3 la presencia de representantes de la especie *C. ornatus* influyó en la tendencia de las curvas ya que aportaron bajos valores de biomasa (Anexo capítulo III, Tabla 9.15; Figuras 4.5f, h-i).

Los resultados negativos aportados por el estadístico W en las estaciones intermedias pueden ser producto de su localización entre la zona costera y la profunda (Figura 4.5), sin que esto tenga una relación con bajos valores en la concentración del oxígeno de fondo, factor responsable de la presencia de organismos bentónicos de talla pequeña (Grebmeier 1993).

La elevada abundancia de organismos pequeños de la especie *A. cingulatus* fue el factor determinante del patrón registrado en la estación D2, el cual podría ser atribuible a procesos de reclutamiento de la especie y al efecto positivo generado por la pesca de arrastre realizada en el área sobre los miembros del género *Astropecten* (Gracia et al. 2010, Wakida-kusunoki et al. 2010). Dicho efecto se observó en las estaciones F2 a C2 (Figuras 4.5d, g), donde se presentaron los valores elevados de abundancia de *A. cingulatus*, aunque en dichas estaciones fueron capturadas las especies filtradoras *E. papyracea* y *M. campechiensis* las cuales se ven afectadas por la fluctuación del subsidio proveniente de la columna de agua y el continente (Pagola-Carte 2004).

Durante la segunda campaña del CPP, la fluctuación de los valores de abundancia y biomasa se reflejó en la ausencia de perturbaciones en las estaciones B1, C1, D1, F1 y F2; esto como resultado del incremento en los valores de biomasa de *P. aztecus* y menores valores de abundancia, excepto en la estación F2, junto a las contribuciones a la biomasa de *A. spinimanus* y representantes del género *Astropecten* (Anexo capítulo III, Tabla 9.15; Figuras 4.6a, c, e, h, i). Por su parte, las estaciones B2, C3, D3 exhibieron mejores condiciones durante el crucero PII, siendo los resultados aportados en la estación B2 no concluyentes debido a la escasa cantidad de especies capturadas.

En la zona profunda se presentaron valores bajos en ambas variables, con una escasa cantidad de especies compartidas, que en su mayoría son muy sensibles a perturbaciones o indiferentes a estas (Borja et al. 2000, Rygg 2002, Rygg & Norling 2013, Clarke et al. 2014, Cordier 2018); sumado a una reducción en el número de especies y la disminución en los valores del índice W entre evaluaciones, indicando un posible efecto de las actividades generadas por la red de arrastre en el muestreo anterior (Yemane et al. 2005).

La estación D2 mantuvo un patrón similar durante las dos evaluaciones debido a la presencia de crustáceos con valores bajos de biomasa (Anexo capítulo III, Tabla 9.15), junto a los valores de abundancia y biomasa de *A. cingulatus*, que podrían ser resultado de las actividades pesqueras con

redes de arrastre, que generan un incremento de organismos detritívoros debido al subsidio de restos de organismos de los cuales los representantes del género por especie que se alimentan (Christensen 1970, Groenewold & Fonds 2000, Veale et al. 2000, Ganmanee et al. 2003, Uthicke et al. 2009).

Al igual que en los MEPY la ausencia de diferencias entre los valores del índice W indican la presencia de procesos de sucesión en la explotación de recursos entre las especies residentes o permanentes y las estacionales, dando origen a valores similares del índice W .

4.4.2 Diversidad Alfa (α) de los Márgenes Externos de la Plataforma de Yucatán

Durante la primera campaña de los MEPY los valores de diversidad registrados en las 16 estaciones permitieron evidenciar la heterogeneidad de los MEPY entre transectos, siendo similares entre estaciones cercanas y ubicadas en el mismo transecto; patrón que solo fue contradicho por la estación P80, la cual exhibió un valor mucho menor a los registrados en las estaciones P78 y P79 (Figura 4.7a-g). A su vez, la ausencia de diferencias entre los valores de diversidad observados (H') y esperados (H_{max}), permiten establecer que la diversidad calculada en los MEPY durante el crucero GIV reflejó la complejidad estructural de hábitat de los MEPY en términos generales, donde la dominancia de especies presentó una baja influencia (Figuras 4.7c-d).

A pesar de que los valores de riqueza de especies registrados en los MEPY se encuentran dentro del rango conjunto de diferentes evaluaciones de comunidades megabentónicas (Cunha et al. 1997, Brée & Jones 2005, Ellingsen et al. 2005, De Léo & Pires-Vanin 2006, Jones et al. 2007b a, Rotllant et al. 2010, Cordes et al. 2010, Aneiros et al. 2015, Amon et al. 2016, Perez et al. 2018; $2 \leq S \leq 136$; campaña GIV, $2 \leq S \leq 54$); el rango de fluctuación registrado en el crucero GIV puede considerarse bajo, ya que en dichos estudios reportan entre 13 a 74 especies, mientras que Ellingsen et al. (2005), Ramirez-Llodra et al. (2010), Amon et al. (2016) y Rowe & Kennicut (2009) reportan valores de riqueza por estación de 105, 120, 136 y 185 especies, respectivamente; lo cual podría ser resultado de diferencias batimétricas y latitudinales.

En términos de riqueza de especies, los valores de las estaciones A3, B8 y A5 (Figura 4.7a) del sector oeste, son atribuidos a la presencia de especies autogénicas y su efecto sobre comunidades

bentónicas, ya que al aumentar la complejidad estructural del suelo marino, aumentan la cantidad de hábitats para ser ocupados junto con una disminución de la predación (Jones et al. 1997, Bouma et al. 2009a, Fernandez-Leborans 2010, Beazley et al. 2013, Rigolet et al. 2014, Ashford et al. 2015, Fernandes et al. 2015).

La comparación entre los índices H' y H_b' , permitieron establecer la ausencia de diferencias entre el efecto ocasionado por la heterogeneidad estructural del hábitat y la disponibilidad de fuentes de alimento; sin embargo, dado que el valor de probabilidad aportado por la prueba no fue elevado, este aspecto de la diversidad de la megafauna bentónica de los MEPY presente entre noviembre y abril debe ser evaluado en futuros estudios.

El valor más alto de H' registrado durante el crucero GIV fue producto de la presencia de especies motiles y sésiles en la estación B8, lo cual es atribuido a la presencia de 18 especies de poríferos, cinco cnidarios y el cordado *Ascidia interrupta*; las cuales aumentan la complejidad estructural del hábitat (Figuras 4.7c, g), haciendo que las contribuciones a la abundancia de *Achelous spinicarpus* y *Haliclonia tubifera* ($1.95 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ~20% y $1.05 \cdot 10^3$ ind km^{-2} ~11%), no ocasionaran un efecto de dominancia sobre las 49 especies restantes (Figura 4.7c).

El patrón registrado en la estación A5, área donde se registró el segundo valor más alto de diversidad (4.15 bits ind^{-1}), el más elevado de riqueza de especies (54 especies y $107 \cdot 10^3$ ind km^{-2}) y uno de los valores más bajos de dominancia ($\lambda=0.10$), fue atribuido a la presencia de los moluscos, los cuales representaron el 74% y el 78% de la abundancia, siendo los artrópodos *Achelous spinicarpus* y *Iliacantha subglobosa* las únicas especies pertenecientes a otro taxa con valores de abundancia similares a los aportados por la malacofauna ($17.89 \cdot 10^3$ ind km^{-2} y $1.31 \cdot 10^3$ ind km^{-2} , respectivamente).

En la estación G34, las elevadas contribuciones de las especies *Achelous spinicarpus*, *Phymanthus crucifer* y *Comactinia echinoptera* (entre 8.40% y 32%; Anexo capítulo III, Tabla 9.12), no generaron un patrón de dominancia sobre las 18 especies restantes, las cuales pudieron verse beneficiadas en términos de disponibilidad de hábitat y alimento por la presencia de *P. crucifer*, *C. echinoptera* y *Mycale laxissima*, como ha sido reportado para estas especies en otras áreas geográficas (Wulff 2006, Douglas 2015, Britayev et al. 2016).

Los valores más bajos de diversidad registrados en las estaciones P80 y H40, resultaron de las elevadas abundancias de *Achelous spinicarpus* y *Squilla empusa*, ya que aportaron el 97% de la abundancia de una comunidad de cinco especies, entre las cuales *Diplastrella megastellata* fue la especie autógena que no tiene asociaciones reportadas con las especies motiles de dicha estación (*Anthenoides peircei*, *Luidia senegalensis*, *Achelous spinicarpus* y *Squilla empusa*).

En la estación H40 la escasa fauna y la distribución de sus valores de abundancia propiciaron el valor más bajo de diversidad en los MEPY (Figura 4.7c). Esta estación registró el segundo valor más elevado de abundancia de *C. echinoptera* y la presencia exclusiva de *Percnon gibbesi* ($0.78 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y $0.13 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), lo cual responde a la relación depredador-presa entre estas especies donde *C. echinoptera* hace parte del grupo minoritario de ítems alimenticios de *P. gibbesi* (Puccio et al. 2006); aunque la presencia de este crustáceo también podría estar indicando la presencia de algas en el área evaluada, las cuales corresponden al 71.6% su alimento (Puccio et al. 2006).

Los valores de diversidad registrados durante el crucero GIV estuvieron dentro del rango registrado para comunidades megabentónicas evaluadas en el GoM y otras áreas geográficas (Cunha et al. 1997, Brée & Jones 2005, Johst et al. 2006, de Léo et al. 2006, Aldea et al. 2008, Gooday et al. 2009, Rowe & Kennicutt 2009, Cordes et al. 2010, Lessard-Pilon et al. 2010a, Gates & Jones 2012, Beazley et al. 2013, Grange & Smith 2013, Amon et al. 2016, $0.45 \text{ bits ind}^{-1} \leq H' \leq 5.75 \text{ bits ind}^{-1}$); de los cuales los valores mínimos reportados Cordes et al. (2010), Aneiros et al. (2015), fueron los más cercanos al límite inferior del crucero GIV ($0.64 \text{ bits ind}^{-1}$ y $0.50 \text{ bits ind}^{-1}$, respectivamente; campaña GIV, $H'=0.59 \text{ bits ind}^{-1}$), mientras que el valor más elevado reportado por Aldea et al. (2008) para la malacofauna del antártico fue el más cercano al registrado durante el GIV ($H'=4.90 \text{ bits ind}^{-1}$; campaña GIV, $H'= 4.82 \text{ bits ind}^{-1}$); sin embargo, esta comparación resulta superficial, al tener en cuenta la característica local de los índices evaluados, siendo la comparación más apropiada, la realizada entre los índices H' y H_{max} .

La ausencia de diferencias entre las medidas de diversidad en términos de abundancia y biomasa podría ser resultado del rango de valores de los dos índices, así como de la presencia de estaciones que presentaron la misma posición en orden descendente (B8, A5 y L59). En la estación B8 la presencia de 14 especies conformadas por diferentes taxa con valores de biomasa entre 1.12 kg km^{-2} y 9.27 kg km^{-2} y la presencia de una fauna heterogénea a nivel de grandes grupos, con

diferencias marcadas a nivel trófico pudo contribuir con la distribución de los recursos (capítulo V, Figura 5.7), disminuyendo la dominancia de especies y haciendo evidente el efecto de las especies autógenas en el área en términos de biomasa.

El patrón anteriormente mencionado es poco citado debido al escaso uso de la biomasa para evaluar la diversidad, esto como resultado de los retos metodológicos y tiempo requerido para la adquisición de dicha información (Ricciardi & Bourget 1998, Rubio-polania et al. 2014), lo cual resulta un error en términos de manejo del material biológico y subsecuentemente de información, ya que esta variable aporta una medida funcional de la diversidad local, al ser una medida del volumen y aportar información acerca de la energía que puede fluir a lo largo de redes tróficas por especie (Crisp 1984, Knox 2000).

En la estación F29 se presentó el valor más bajo de Hb' del GA (1.88 bits kg^{-1}), atribuido a la influencia del valor de biomasa del porífero *Tedania ignis*, quien representó el 62% del valor total de dicha variable ($T. ignis = 1.92 \text{ kg km}^{-2}$; $Hb'_{F29} = 3.07 \text{ bits kg}^{-1}$), dominando una comunidad donde las siete especies restantes aportaron entre 1.10% al 13.28% de la biomasa del área. Entre tanto, la presencia de *P. argus* en la estación M63, fue determinante para la diversidad de esta zona, ya que aportó el 96% de la biomasa de la estación ($P. argus = 133 \text{ kg km}^{-2}$; $Hb' = 0.22 \text{ bits kg}^{-1}$).

Con respecto a otras evaluaciones, los valores de riqueza de especies fueron superiores a la mayoría de las evaluaciones de comunidades megabentónicas, superando los valores máximos de las evaluaciones realizadas por Ellingsen et al. (2005), Ramirez-Llodra et al. (2010), Amon et al. (2016) y Rowe & Kennicut (2009), los cuales exhiben un rango entre 105 y 185 especies. Sin embargo, el valor de riqueza registrado en el crucero GV fue inferior al reportado por Williams et al. (2010; $S = 1979$), quienes llevaron a cabo una de las evaluaciones más extensas y robustas de comunidades megafaunales de márgenes continentales.

El valor de riqueza reportado Williams et al. (2010) fue 620% más alto al registrado en la presente evaluación, en términos de la riqueza de especies del crucero GV, donde la diferencia entre estudios radica en un mayor número de muestras colectadas en las 19 estaciones evaluadas por los autores (118 muestras); quienes registraron una elevada presencia de especies de decápodos, moluscos, poríferos y equinodermos (523, 489, 361 y 358 especies, respectivamente), taxa que en

el crucero GV exhibieron un patrón similar en los valores de riqueza MEPY (campana GV, $S_{mol}=124$, $S_{crus}=72$, $S_{por}=42$ $S_{equi}=40$), siendo esto evidencia de la presencia de patrones generalizados en comunidades megabentónicas de márgenes continentales.

Durante el crucero GV la presencia de especies autogénicas fue un factor fundamental que influyó los valores de riqueza y diversidad, sobre todo en las estaciones que presentaron valores superiores a $3.00 \text{ bits ind}^{-1}$ (Figura 4.8c); dado que la presencia es especies sésiles que aumentan la complejidad estructural del suelo marino ha sido reportado como un factor importante que aumenta los valores de diversidad de comunidades bentónicas (Rios-Lara et al. 2007, Buhl-Mortensen et al. 2010), favoreciendo la presencia de valores de diversidad elevados con respecto a los registrados en comunidades megabentónicas de otras áreas geográficas (Cunha et al. 1997, Brée & Jones 2005, Johst et al. 2006, de Léo et al. 2006, Aldea et al. 2008, Gooday et al. 2009, Cordes et al. 2010, Gates & Jones 2012, Beazley et al. 2013, Grange & Smith 2013, Amon et al. 2016, $0.45 \text{ bits ind}^{-1} \leq H' \leq 4.09 \text{ bits ind}^{-1}$), e intermedios a superiores con respecto a los registrados en el GoM (Rowe & Kennicutt 2009, Lessard-Pilon et al. 2010a b, $0.76 \text{ bits ind}^{-1} \leq H' \leq 5.75 \text{ bits ind}^{-1}$).

Las diferencias entre los valores registrados en los valores de diversidad del crucero GV y los estudios anteriormente citados, radica en rangos batimétricos, latitudinales y de esfuerzo muestral; cabe aclarar que el valor más elevado registrado en el presente estudio fue cercano al más elevado reportado por Rowe & Kennicutt (2009), para el GoM ($5.75 \text{ bits ind}^{-1}$).

El valor de diversidad registrado en la estación H39 fue resultado del elevado valor de riqueza de dicha área ($H'=3.68 \text{ bits ind}^{-1}$, $S=82$ especies), el cual pudo ser influenciado por la especie *C. echinoptera*, la cual exhibió en esta área su valor más elevado de abundancia ($15.80 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$), junto a otras especies autogénicas como cnidarios (e.g. *Telmatactis* sp, *Leptogorgia virgulata*) y poríferos (e.g. *Aiolochoiria crassa*, *lakortis angulospiculatus*); las cuales contribuyeron al aumento de la complejidad estructural del suelo del área, favoreciendo la presencia de artrópodos y equinodermos (e.g. *Ophiocreas lumbricus*, *Clypeaster prostratus*, *Pagurus politus*, *Dardanus fucosus*), taxa que exhibieron valores elevados de abundancia ($0.36 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 7.39 \cdot 10^3$), al igual que las especies de moluscos *Chicoreus florifer*, *Lirophora oblitterata* y *Vokesimurex rubidus* ($1.34 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 2.01 \cdot 10^3$). Este último taxa fue el que más contribuyó a la riqueza de especies

de la estación (S=35 especies; Figura 4.8a), el cual junto a las 16 especies más abundantes ($1.01 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 7.39 \cdot 10^3$; Anexo capítulo III, Tabla 9.13), contribuyeron a disminuir el efecto de dominancia que pudo haber generado la elevada abundancia de *C. echinoptera*.

El valor de diversidad observado en la estación J48 ($H' = 5.14 \text{ bits ind}^{-1}$), fue resultado de la elevada cantidad de especies con valores similares de abundancia (Figura 4.8f; $\lambda = 0.03$). Por otro lado, la estación B8 presentó valores elevados de abundancia de los poríferos *Cliona* sp, *Mycale* sp, *Cliona varians*, *Iotrochota birotulata* y *Verongula rigida* ($1.43 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 7.67 \cdot 10^3$), aportaron la heterogeneidad ambiental que probablemente propició las condiciones necesarias para que las 46 especies restantes exhibieran valores similares de abundancia (Anexo capítulo III, Tabla 9.13).

La estación H40 a pesar de exhibir un elevado valor de riqueza de especies (S= 47 especies; Figura 4.8a), presentó una marcada dominancia de *Periclimenes iridescens* en términos de abundancia ($134.59 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 58\%$), promoviendo una baja equidad en la distribución de la abundancia por especie, ya que los valores de las especies restantes fluctuaron entre $0.31 \cdot 10^3 \text{ Ind km}^{-2}$ y $13.61 \cdot 10^3 \text{ Ind km}^{-2}$; siendo este patrón responsable del valor más elevado de dominancia en los MEPY ($\lambda = 0.35$).

La estación P79 exhibió el mismo valor de diversidad de la estación H40 ($H' = 2.79 \text{ bits ind}^{-1}$), producto de la baja riqueza de especies (S=15 especies) y la elevada abundancia de *Sertularella diaphana* y *Millepora squarrosa* quienes aportaron en conjunto el 58% de la abundancia de la estación ($9.12 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 50\%$ y $1.46 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2} \sim 8\%$, respectivamente); lo cual resulta atípico dado el carácter autogénico de dichas especies (Figura 4.8a, c). Entre tanto, la baja diversidad registrada en la estación P80 ($H' = 2.66 \text{ bits ind}^{-1}$) fue resultado de la presencia de ocho especies, de las cuales *Sicyonia* sp y *Sertularella diaphana* aportaron el 50% de la abundancia.

Es importante tener en cuenta que durante el crucero GV fueron hallados numerosos artrópodos como endosimbiontes, los cuales fueron responsables del elevado número de individuos y de riqueza de especies; siendo esto un patrón registrado en zonas arrecifales dentro y fuera del GoM (Özcan & Katağan 2011, Cházaro-Olvera & Vázquez-López 2014, Soledade et al. 2017).

Las diferencias detectadas entre los índices de diversidad y la diversidad máxima fueron resultado de las elevadas abundancias de *G. rigida*, *A. americanus*, *Cliona* sp, *Portunus* sp, *G. rigida*, *P.*

fulminatus, *A. exasperatus*, *A. gibbus*, *A. imbricata* y *P. iridescens*, lo cual permite establecer la presencia de uno o varios factores que influenciaron la abundancia de estas especies, impidiendo al índice H' reflejar de manera confiable la heterogeneidad fisicoquímica de los MEPY.

Los valores de Hb' exhibieron un patrón diferente al índice Hb'; lo cual fue atribuido a las diferencias en los factores que influyen los valores de estas variables, siendo la fuente de alimento el más importante para la biomasa (Hargrave et al. 2004). Esto se vio reflejado en la estación I43, donde se presentó el valor más elevado de diversidad y riqueza de especies (Hb'=3.14 bits kg⁻¹; S=87 especies), con elevadas contribuciones a la biomasa por parte de moluscos, equinodermos y poríferos; quienes hicieron parte de una comunidad en la cual el 54% de las especies fueron filtradoras (Anexo capítulo III, Tabla 9.15, capítulo V, Tabla 3.2).

El valor más bajo de Hb' de la estación P78 (Hb'=1.42 bits kg⁻¹), fue resultado de la dominancia de *Sicyonia brevirostris* (2.60 kg km⁻²), sobre la comunidad compuesta por 12 especies, de las cuales *Portunus* sp y *Ophiacantha echinulata* exhibieron el mismo valor de biomasa (1.63 kg km⁻²), mientras que las nueve especies restantes exhibieron valores entre 0.97 kg km⁻² y 0.32 kg km⁻².

En el CPP el valor total de riqueza de especies fue bajo con respecto a los reportes de comunidades megabentónicas en el GoM (Pequegnat et al. 1990b, Rowe & Kennicutt 2009, 153 ≤ S ≤ 163), lo cual puede ser resultado de un mayor aporte de nutrientes en la zona norte del GoM evaluada por Rowe & Kennicutt (2009) y mayor esfuerzo muestral en el trabajo de Pequegnat et al. (1990b). En otras áreas geográficas los valores de riqueza reportados fluctúan entre 113 a 280 especies (Cunha et al. 1997, Lakhrach et al. 2012, Aneiros et al. 2015) y en la zona profunda el rango de riqueza reportado es de 58 a 180 especies (Jones et al. 2007b, Cordes et al. 2010, Ramírez-Llodra et al. 2010a, Aneiros et al. 2015, Amon et al. 2016), siendo en ambos casos superiores a los registrados en el CPP.

Las diferencias entre evaluaciones se atribuyen diferencias en el esfuerzo muestral establecido previamente para el presente estudio (capítulo III, Figuras 3.1e-f, 3.3a-b). Sin embargo, la fauna presente en el área podría estar afectada por la pesca de arrastre, actividad que influye los valores de abundancia y biomasa de las especies *M. campechiensis*, *P. setiferus*, *P. aztecus*, *P.*

duorarum, *C. sapidus*, *C. rathbunae*, *C. bocourti*, *C. similis*, *C. danae*, *C. ornatus* (Patella et al. 1987, Hadley & Coen 2004, Aguilar & Grande-Vidal 2008, Gracia et al. 2010, Wakida-kusunoki et al. 2010, SAGARPA 2014, Hinojosa-Ochoa 2018), siendo esto uno de los factores responsables del bajo número de especies.

Sin embargo, el trabajo de Williams et al. (2010), cambia drásticamente el contexto en el cual se realiza la comparación de los valores de riqueza de especies, dado que dicha evaluación se realizó en un rango batimétrico mucho más amplio al de la mayoría de las evaluaciones de comunidades megabentónicas ($100\text{m} \leq Z \leq 1100\text{m}$) y en el cual se reportan 1979 especies, superando todos los reportes citados con anterioridad. Este resultado es evidencia indiscutible en cuanto al efecto de la heterogeneidad estructural del hábitat debido a la estructura del suelo y presencia de especies autógenas sobre la riqueza de especies, abundancia y diversidad (Bouma et al. 2009a, Beazley et al. 2013, Rigolet et al. 2014, Ashford et al. 2015), que las contribuciones a dichos atributos comunitarios por parte de fuentes de alimento, al tener en cuenta el elevado aporte de nutrientes del río Mississippi al área de estudio de Rowe & Kennicutt (2009), quienes reportaron 163 especies.

Los valores de riqueza de especie por estación se mantuvieron dentro del rango de valores reportado para comunidades megabentónicas distribuidas entre los márgenes continentales y la zona profunda (Jones et al. 2007b, Gooday et al. 2009, Cordes et al. 2010, Ramírez-Llodra et al. 2010b, Valentine & Benfield 2013, Aneiros et al. 2015, Amon et al. 2016, $1 \leq S \leq 136$).

En la estación D3 se presentó una comunidad que exhibió rasgos típicos del proceso de zonación descrito para comunidades megabentónicas, donde es posible observar la sucesión entre los artrópodos crustáceos y equinodermos con respecto a las estaciones del transecto D, con un simultáneo cambio en la dominancia de especies carnívoras a especies sedimentívoras o detritívoras (Haedrich et al. 1980); siendo posible observar la presencia de ocho especies de equinodermos sedimentívoras, siete especies carnívoras y el resto de la fauna estuvo conformada por omnívoros o carroñeros facultativos en la zona profunda (Mayo 1973, Huff & Cobb 1979, Hudson et al. 2003, Wei & Rowe 2009, Amaro et al. 2010).

Durante el crucero PII se observaron valores elevados de diversidad en la zona profunda con respecto a los observados en la zona costera (3.47 ± 0.29 bits ind⁻¹ y 1.86 ± 0.34 bits ind⁻¹, respectivamente), patrón que fue consistente con los valores reportados por Rowe & Kennicutt (2009) en la zona norte del GoM, quienes registraron valores entre 4.42 bits ind⁻¹ y 5.75 bits ind⁻¹ en estaciones profundas; aunque los autores reportaron falta de consistencia en su patrón de diversidad, la cual se observó en los datos del crucero PII.

En la estación D3 la presencia de 21 especies que aportaron el 47% de la abundancia ($0.08 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.5 \cdot 10^3$), contribuyó en la disminución del efecto de dominancia que pudo haber ocasionado los valores de abundancia de *C. ornatus* y *M. rugosa* ($3.2 \cdot 10^3$ ind km⁻² y $1.0 \cdot 10^3$ ind km⁻², respectivamente; $H' = 3.26$ bits ind⁻¹; $\lambda = 0.23$). Entre tanto, el valor de diversidad de la estación C3, fue resultado de un estrecho rango de valores de abundancia ($0.10 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.30 \cdot 10^3$), lo cual es atribuido a la presencia de pocas especies que explotan de manera diferencial los recursos; donde los organismos omnívoros y carroñeros de la comunidad fueron los mejor representados (capítulo V, Figura 5.16).

El valor de diversidad de la estación C2 ($H' = 0.38$ bits ind⁻¹) fue inferior al reportado para áreas perturbadas (0.8 bits ind⁻¹; Jones et al. 2006), debido a una elevada abundancia de organismos de la especie *A. cingulatus* ($37.9 \cdot 10^3$ ind km⁻²), la cual es reportada como especie clave que determina la composición de especies macrofaunales por predación, influyendo en la dieta de otros carnívoros presentes en el área (Loh & Todd 2011); siendo responsable del 96% de la abundancia de una comunidad compuesta mayoritariamente por organismos que son sus frecuentes ítem alimenticios (e.g. crustáceos y moluscos; Bitter & Penchaszadeh 1983, Lawrence 2014).

Las diferencias entre los índices H' y H_{max} , permiten establecer una baja capacidad del índice H' para reflejar la complejidad fisicoquímica del área evaluada, debido a la presencia de *Callinectes sapidus* en el transecto B y en las estaciones costeras de los transectos C y D. Este patrón de distribución corresponde a la preferencia de esta especie a lugares menos salinos (Anexo capítulo II, Tabla 9.5), junto a su carácter migratorio entre la zona de plataforma y lagunas costeras; factores propios de su ciclo de vida y reportados para el área evaluada, zonas costeras del suroeste y norte del GoM y otras zonas geográficas (García-Montes et al. 1988, Domínguez et al. 2003, Vieira & Calazans 2015, Rodríguez-Castro et al. 2017).

Los valores de H' de las estaciones localizadas en la zona intermedia y en el transecto F fueron influenciados por las elevadas abundancias de *A. cingulatus*; especie que se ve beneficiada por las actividades de pesca de arrastre que se dan en el área (Bitter & Penchaszadeh 1983, Lawrence & Vasquez 1996, Gracia et al. 2010) siendo la presencia de esta especie un factor determinante para la baja abundancia de *C. sapidus* en la estación F1.

La diferencia en los patrones entre H' y Hb' son atribuidos a la presencia de fuentes de alimento que beneficiaron las especies con mayor aporte a la biomasa en la estación D2 (*A. cingulatus*, *P. aztecus*, *A. spinicarpus*, *A. latus*, *C. sulcata*, *E. papyracea* y *R. laevis*; $1.02 \text{ kg km}^{-2} \leq \text{AFDW} \leq 4.70 \text{ kg km}^{-2}$); a su vez, la elevada abundancia y biomasa de equinodermos del género *Astropecten*, fue atribuido a la presencia de disturbios en el suelo marino debidos a la pesca de arrastre que se realiza en el área, ante la cual los miembros del género no se ven afectados (Lawrence & Vasquez 1996, de Juan et al. 2007). Por otra parte, la estación C1 exhibió el valor más bajo de Hb' ($1.11 \text{ bits kg}^{-1}$), resultado de la dominancia de *C. sapidus*, especie que aportó el 78% de la biomasa de una comunidad de 10 especies que valores de biomasa de $0.0035 \text{ kg AFDW km}^{-2}$ a $7.30 \text{ kg AFDW km}^{-2}$.

Durante la segunda campaña realizada en el CPP se produjo la reducción en la riqueza de especies, abundancia y biomasa registradas entre los cruceros PII y PIII, lo cual se observó de manera marcada en las estaciones D3 y B2 (Figuras 4.9a-f y 4.10a-f; campaña PII, 23 y 11 especies, respectivamente; campaña PIII, 9 y 2 especies, respectivamente). Dado que esta evaluación fue realizada nueve estaciones el nivel de incertidumbre es mayor a la evaluación anterior.

Aunque las curvas ABC permitieron establecer una posible influencia de los arrastres realizados durante el crucero PII en las estaciones B2, C3, D3. El aumento en la biomasa de *P. aztecus* permiten establecer que los procesos de dinámica poblacional (*e.g.* migración y reclutamiento), podrían ser factores que influenciaron en el cambio en el número de especies; sin embargo, la disminución en la abundancia y biomasa de la comunidad, junto a valores elevados de abundancia del género *Astropecten*, (Kaiser 1996, Lawrence & Vasquez 1996, Pranovi et al. 2001, de Juan et al. 2007), permiten sugerir la presencia de un efecto sinérgico entre la pesca de arrastre y la dinámica de las poblaciones al interior del área evaluada.

El valor total de especies obtenido en el crucero PIII fue menor al reportado para las evaluaciones realizadas dentro y fuera del GoM realizadas desde el margen continental hasta la zona profunda (Pequegnat et al. 1990b, Vazquez-Bader 1996, Cunha et al. 1997, Rowe & Kennicutt 2009, Williams et al. 2010, Lakhrach et al. 2012, Aneiros et al. 2015, $153 \leq S \leq 1979$), encontrándose dentro del rango reportado para las evaluaciones realizadas en zonas profundas con signos de perturbaciones (Jones et al. 2007a b, Cordes et al. 2010, Ramírez-Llodra et al. 2010a, Aneiros et al. 2015, Amon et al. 2016, $58 \leq S \leq 180$). Las diferencias entre estudios son atribuidas al número de estaciones y a la interacción entre factores anteriormente mencionados.

Los valores de diversidad tradicional fueron inferiores a los registrados en el crucero anterior, aunque no exhibieron diferencias interanuales; mientras que las estaciones D2 y B2 al exhibir valores inferiores a 1 bits ind^{-1} , podrían estar influenciadas por perturbaciones debidas a las actividades humanas realizadas en el área y que fueron detectadas por las curvas ABC.

En la estación B2 solo fueron capturadas las especies *P. granulatus* y *A. alligator*, las cuales hacen parte de géneros distribuidos en zonas de márgenes continentales, las cuales son reportadas de manera frecuente en zonas con actividades de pesca de arrastre y suelen ser poco afectadas por esta dicha actividad (en el caso del género *Astropecten*; de Juan et al. 2007, Pérez 2011, Wakida-Kusunoki et al. 2013, Rester et al. 2017b).

Los valores de diversidad por estación del crucero PIII, se mantuvieron en el rango reportado por Vazquez-Bader (1996, $1.5 \text{ bits ind}^{-1} \leq H' \leq 3.5 \text{ bits ind}^{-1}$), aunque las estaciones D2 y B2 exhibieron valores más bajos (Figura 4.10c). El índice H' siguió el patrón general reportado para la Bahía y el Banco de Campeche, con valores altos en estaciones someras, intermedios en las profundas y bajos en las estaciones localizadas en las isóbatas de $\sim 100\text{m}$; a su vez, los valores calculados fueron inferiores a los reportados para zonas terrígenas del GoM (Rowe & Kennicutt 2009; $1.26 \text{ bits ind}^{-1} \leq H' \leq 5.75 \text{ bits ind}^{-1}$).

El rango de valores de las estaciones D3, D2 y B2 se encuentran dentro al interior del margen de fluctuación de áreas perturbadas por corrientes fuertes y zonas de explotación de petróleo ($0.6 \text{ bits ind}^{-1} \leq H' \leq 2.4 \text{ bits ind}^{-1}$, Jones et al. 2006, Gates & Jones 2012, Alt et al. 2013); siendo este

último factor una fuente de perturbación del área evaluada y el factor que motivó la ejecución del macroproyecto dentro del cual se encuentra enmarcada esta investigación.

El valor más elevado de diversidad registrado en la estación F1 es atribuible a la presencia de 24 especies que se distribuyeron en el área con la mayor abundancia de *A. duplicatus* ($15 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$); siendo la abundancia de las especies *P. aztecus*, *S. vioscai*, *S. atlantidis*, *A. spinicarpus*, *S. empusa* y *S. brevirostris* ($1.0 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 4.9 \cdot 10^3$), disminuyeron en mayor medida el efecto de dominancia de *A. cingulatus*.

Los valores de diversidad registrados en las estaciones D3 y D2 ($1.43 \text{ bits ind}^{-1}$ y $0.68 \text{ bits ind}^{-1}$), son atribuibles a la dominancia de *A. cingulatus* sobre el resto de las especies capturadas, siendo responsable del 99% y 76% de la abundancia en dichas áreas, favoreciendo los valores elevados de dominancia observados (0.83 y 0.59, respectivamente). En el caso de la estación D2 es factible que la dominancia observada sea resultado del reclutamiento de *A. cingulatus* y la pesca arrastre.

4.4.3 Diversidad beta de los Márgenes externos de la Plataforma Continental de Yucatán y el Cinturón Pegado Perdido

Los valores elevados de diversidad beta de la megafauna bentónica en la presente evaluación ($0.72 \leq B_{\text{SOR}} \leq 0.92$; $0.873 \leq B_{\text{BRAY}} \leq 0.935$), fueron resultado de una elevada presencia de especies raras, responsables de la ausencia de tendencia asintótica en las curvas de acumulación de especies, haciendo evidente un elevado recambio de especies en los cuatro cruceros contemplados en esta investigación (Santín et al. 2017; capítulo III, Figuras 3.1, 3.2 y 3.3). A su vez, las especies raras representaron entre el 55% al 64% del total de especies capturadas, valores que son superiores al reportado por Pitcher et al. (2007), quienes reportan como valor umbral un 30% para establecer la elevada representación de especies raras en márgenes continentales; siendo la interacción de este factor y las particularidades registradas en cada uno de los cruceros oceanográficos responsables de dichos valores.

En la primera campaña de los MEPY fue posible observar el efecto de las especies autogénicas en el área evaluada, en términos del aumento en los valores de abundancia y riqueza por aumento en la complejidad del hábitat que favorece la distribución agregada (estaciones A3, A5 y G34; capítulo III, Figuras 3.10e-g); factores a los cuales se les atribuyó los valores de diversidad beta

calculados a partir de los valores de abundancia y presencia-ausencia de las comunidades megabentónicas, ya que en los márgenes continentales dichos factores son responsables del cambio en la identidad de especies capturadas por estación (Schlacher et al. 2007, Cordes et al. 2010, Brault et al. 2013; $B_{SIM}=0.79$, $B_{BAL}=0.85$).

La fauna evaluada durante abril exhibió un valor más elevado de diversidad beta ($B_{SOR}=0.92$ y $B_{BRAY}=0.93$), lo cual es atribuido a ser realizada en un área más amplia, con mayor heterogeneidad estructural del hábitat en términos de características sedimentarias, que son evidentes en el margen continental interno (PCPY), el cual presenta un gradiente de disminución gradual creciente en el tamaño de grano en dirección este-oeste (García 1980), que aunque pasa desapercibido en los MEPY, favorece el recambio de especies (Shin & Ellingsen 2004; campaña Gomex IV, $B_{SIM}=0.880$, $B_{BALa}=0.914$, $B_{BALb}=0.913$).

El recambio de especies en los MEPY ocurre en un marco influenciado por la parte interna del margen, ya que muchas de las especies presentes en los MEPY realizan parte de su ciclo de vida en los diferentes tipos de sustratos, ecosistemas y lagunas costeras presentes en la península (García 1980, Contreras & Castañeda 2004); los cuales que favorecen el cambio en la composición de especies, junto a las diferencias batimétricas como las observadas en las estaciones P78, P79 y P80 (Brault et al. 2013, Sibuet et al. 2018, Tabla 4.3), observadas en menor medida en el sector oeste, donde la presencia de especies autógenas fue el factor responsable de los valores de beta diversidad en términos de abundancia (Tabla 4.3).

La contribución significativa a la beta diversidad registrada en la estación M63, fue producto de la presencia de siete especies con un bajo rango de distribución geográfico ($6\% \leq R.D.G \leq 25\%$), la presencia de especies muy raras o exclusivas (*Spondylus tenuis*, *Anadara notabilis* y *Nodipecten nodosus*), baja contribución a la abundancia ($0.058 \cdot 10^3 \leq \text{ind km}^{-2} \leq 0.176 \cdot 10^3$) y especies raras con valores elevados de abundancia (*Eucidaris tribuloides* $0.470 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$ y *Panulirus argus* $0.529 \cdot 10^3 \text{ ind km}^{-2}$; Anexo capítulo III, Tabla 9.12). El patrón de la estación permite sugerir al Caribe mexicano como la fuente de la que provienen los representantes de la especie *Panulirus argus* y la presencia de suficiente alimento para mantener el heterogéneo ensamblaje de especies carnívoras, filtradoras, omnívoras (Anexo capítulo III, Tabla 9.12, capítulo V, Figura 5.7).

Legendre & De Cáceres (2013) establecen que las contribuciones significativas a la diversidad beta a nivel de especies se encuentran asociadas a las zonas con contribuciones locales, lo cual fue confirmado por Victorero et al. (2018) y da Silva et al. (2018). Sin embargo, en los MEPLY la relación entre las dos medidas no tan marcada al presentar tres especies con contribuciones significativas elevadas a la diversidad beta (Tabla 4.4); donde *Eucidaris tribuloides* fue importante en términos de abundancia y *P. argus* en términos de biomasa, mientras que *A. spinimanus* lo fue en términos ambas variables (Tabla 4.4).

Sin embargo, el patrón de variación en los valores de abundancia, el cual es responsable de contribuciones significativas a la diversidad beta reportado por Heino et al. (2017) y Carlucci et al. (2018), fue registrado en las especies *A. spinocarpus*, *P. setiferus*, *T. ignis*, *A. spinomanus*, *S. empusa*, *C. ravenelii*, y *E. tribuloides*, las cuales fueron responsables de la similitud en términos de abundancia de las estaciones A3 y B8 que conformaron el grupo *b* del análisis SIMPER realizado a partir de la abundancia de la fauna capturada (capítulo III, Tabla 3.2); siendo a su vez, responsables de la disimilitud entre dicho grupo y las estaciones de los grupos *a*, *c*, *d* y *e* (Tabla 3.2; Figuras 3.8a-b).

Entre tanto, las especies *L. guildingi*, *C. echinoptera* contribuyeron a la similitud en términos de abundancia del grupo *b* (grupo *f* en términos de composición de especies). En el caso de las especies no mencionadas y que exhibieron valores elevados de SCBD, presentaron rangos de distribución geográfico bajos ($6\% \leq \text{RDG} \leq 37\%$), fueron responsables de la similitud del grupo *b*, sin interactuar a nivel de disimilitud o en el caso de las especies *P. gibbesi*, *D. megastellata* y *A. fulva*, no presentaron contribuciones importantes a estos dos aspectos comunitarios, siendo su distribución restringida el factor favoreció sus elevados valores de contribución a la diversidad beta (Heino et al. 2017, da Silva et al. 2018).

La fauna capturada durante el crucero IV probablemente presentó menor competencia en la adquisición de alimento, dada la baja tasa de anidación registrada durante dicho crucero y valores de contribuciones locales (Tabla 3.3). Esto puede sustentarse en la importancia exhibida por organismos carnívoros, filtradores y omnívoros; los cuales se benefician del aumento de la complejidad de hábitat generada por los filtradores, quienes favorecen la presencia de los

omnívoros, al proporcionar espacios que sirven de refugio ante depredadores (Scharf et al. 2006, Bouma et al. 2009a).

Los valores de diversidad beta generales registrados en el crucero GV fueron superiores a los reportados en la evaluación previa. Esto fue atribuido al elevado número de especies capturadas y valores más elevados de abundancia y biomasa (Anexo capítulo III, Tablas 9.13, 9.15); factores a los cuales les fue atribuido la ausencia de relación entre las estructuras comunitarias entre cruceros, donde la heterogeneidad estructural del suelo de los MEPY fue evidenciada en la prueba RELATE realizada en el capítulo anterior, junto a cambios en la estructura oceanográfica del área evaluada, siendo este uno de los factores responsables del aumento en los valores de diversidad beta (Ramos et al. 2017).

La elevada presencia de especies autogénicas en términos relativos con respecto a las capturadas en el crucero GIV fueron en mayor medida las responsables de los valores elevados de diversidad beta registrados en los MEPY, siendo una expresión de la heterogeneidad del hábitat (Caballero-Vázquez & Vega-Cendejas 2012, Anderson et al. 2013).

Los valores elevados de B_{SOR} y B_{BAL} que corresponden al cambio en la identidad de las especies presentes y la sustitución en los valores de abundancia o biomasa, fueron atribuidos a las diferencias en ecosistemas del margen continental de la Península de Yucatán claramente identificado por García (1980) y el evidente cambio en el tamaño medio de grano en dicha zona; siendo estos los factores que más contribuye al recambio de especies (Rigolet et al. 2014, Wagstaff et al. 2014), sumado a la elevada capacidad de dispersión de larvas, la migración de especies y la distribución agregada sustentada en el área por la presencia de poríferos, cnidarios y briozoos (Starmans & Gutt 2002, Fontana et al. 2008, Brault et al. 2013).

Los valores de diversidad beta total fueron similares al reportado por Victorero et al. (2018, $B_{SOR}=0.92$, campaña GV, 0.93), debido en mayor medida a la zonación registrada en el sector este de los MEPY donde se observó el valor más elevado ($B_{SOR}=0.92$), lo cual fue evidente en el análisis de nMDS (Figura 4.12a). En dicho análisis fue posible observar la distancia entre las estaciones P78, P79 y P80, en particular las P78 y P80, que a pesar de no pertenecer al mismo grupo, compartieron las especies *Portunus gibbesii* y *Scyllarides nodifer*, mientras que entre las estaciones P78 y P79

fue *Sicyonia brevirostris* la especie en común. La ausencia de especies compartidas entre las estaciones P79 y P80 fue evidente en la distancia entre estaciones, atribuida a su vez a un mayor grado de inclinación de los MEPY en esta zona favoreciendo el recambio de especies (Brault et al. 2013; Figura 4.12a), mientras que las diferencias en riqueza de especies fue el factor responsable de la separación de la estación P79 del resto de estaciones ubicadas en el transecto P (Figura 4.12a).

Continuando con el aspecto de la zonación, el transecto A del sector oeste presentó mayor distancia entre las estaciones a la registrada en el transecto P, con una composición heterogénea entre estaciones, dando origen a tres grupos diferentes (Figura 4.12a). La especie *Stenocionops furcatus* fue la especie compartida entre las estaciones A3 y A4, mientras que cuatro especies fue compartidas entre las estaciones A4 y A5 (*Euvola papyracea*, *Comactinia echinoptera*, *iliacantha subglobosa* y *Stenocionops furcatus*); entre tanto, las estaciones A3 y A5 exhibieron tres especies en común (*Portunus* sp, *Stenocionops furcatus* y *Ophiomyxa tumida*), siendo la cantidad de especies compartidas responsable de influenciar los valores de diversidad beta del sector oeste, disminuyendo el efecto generado por la zonación en el recambio de especies (Tabla 4.5).

Los valores registrados en el sector central son atribuibles a la presencia de especies autogénicas y el efecto que tienen en el hábitat, al aumentar su complejidad estructural, generar diferencias en la calidad del alimento disponible para la fauna acompañante, proveer protección ante depredadores y propiciar distribuciones agregadas (Connell & Slatyer 1977, Jones et al. 1994, Bouma et al. 2009b, Caballero-Vázquez & Vega-Cendejas 2012, Wagstaff et al. 2014).

Las contribuciones locales a la diversidad beta exhibieron un patrón contradictorio al registrado en el crucero GIV, donde la estación M63 fue la zona que exhibió una estructura distintiva siendo discriminada como singleton. Entre tanto, durante el crucero GV las estaciones que exhibieron estructuras únicas (A3, P78 y P80), hicieron parte de los grupos *a* y *b*, discriminados por la prueba SIMPROF a partir de la composición de especies (Figura 4.12a); siendo la abundancia relativa de especies raras y muy raras de 35% al 66%, uno de los factores responsables presentar estructuras comunitarias diferentes a las 13 estaciones restantes.

Las tres estaciones que exhibieron contribuciones significativas a la beta diversidad no presentaron indicios de la presencia de disturbios, dada la naturaleza de los compuestos responsables de la

estructura del hábitat y por tanto las variables que más influenciaron la estructura en términos de abundancia en estas estaciones. Siendo la presencia de especies menos comunes, raras y muy raras, el factor que permite sugerir la necesidad de fomentar la implementación de programas de vigilancia ambiental, sobre todo en los extremos de los MEPY y la PCPY, donde se realizan actividades de transporte y distribución de hidrocarburos.

Las especies que exhibieron contribuciones significativas, presentando a su vez los valores más elevados, presentaron un mayor rango de distribución geográfica, siendo en su mayoría especies poco comunes y casi comunes (registradas entre el 25% al 37.5% de las estaciones), patrón marcadamente diferente al exhibido durante el crucero GIV, donde este conjunto de especies exhibió un menor rango de distribución geográfico. En este grupo las especies *A. ordwayi*, *H. pundibundus*, *P. setiferus*, *S. brevisrostris*, *M. squarrosa*, *C. chesheri*, *N. arenatus* y *Ulosa* sp, no fueron responsables de la identidad de los grupos discriminados en términos de abundancia o composición (Figuras 4.12a). Entre tanto, las especies restantes fueron responsables en mayor medida de las diferencias de las estaciones del grupo *b* (A3 y P79) y la estación A5 (grupo *g*) (Figura 4.12a), las estaciones P78 y P80 (grupo *a*), el grupo *d* estaciones (H40 y O75) y el grupo *h* de las estaciones G35, B8, F29 e I43 (Figura 4.12a); lo cual es resultado de diferencias en los valores de abundancia y rango de distribución, factores que favorecen la presencia de los valores elevados de beta diversidad (Legendre & De Cáceres 2013, da Silva et al. 2018).

La diferencia en la explotación de recursos alimenticios de la fauna capturada en el crucero GV, fue el factor al cual se le atribuye los bajos valores de anidación obtenidos a partir de la biomasa. Lo cual se reflejó en la importancia de las especies filtradoras, carnívoros y omnívoros en el conjunto de especies que más contribuyen a la diversidad beta (capítulo V, Figura 5.8). Esto sustentado en las diferencias exhibidas a nivel de los grupos en la prueba SIMPER comentada en el capítulo anterior, debidas a la influencia del *n*-C₂₃ y la Chla sobre la biomasa de la megafauna y las diferencias en la concentración de dichas variables entre estaciones (capítulo III, Figura 3.30).

Los valores de diversidad beta total en el CPP mantuvieron un patrón similar entre evaluaciones, siendo el recambio de especies en términos de identidad y sustitución en sus valores de abundancia un patrón consistente con la elevada variabilidad temporal de la fauna del área, lo cual fue detectado en los patrones observados de la abundancia y biomasa de la comunidad.

Patrones como los registrados en el CPP, donde los valores de diversidad local fueron relativamente bajos y elevados los de diversidad beta, son referidos para comunidades que exhiben distribuciones agregadas y zonas que exhiben signos de estrés ambiental (Starmans & Gutt 2002); sin embargo, estas condiciones en el área evaluada no son atribuibles a la presencia de hidrocarburos, teniendo en cuenta que sus concentraciones fueron inferiores a las consideradas como perjudiciales para la salud de la fauna evaluada y la humana (Buchman 2008), siendo considerable el disturbio ocasionado por la pesca de arrastre, aunque limitado a zonas por encima de los 100m de profundidad (Wehrtmann et al. 2012).

Sumado a lo anterior, la presencia de diferencias registradas en los hidrocarburos, la clorofila, los porcentajes de limos y arcillas, junto a las diferencias batimétricas entre estaciones, fueron responsables del patrón registrado en los valores de diversidad beta registrados en el área; debido a que cambios ambientales y procesos de zonación significativos incrementan los valores de diversidad beta (Ellingsen & Gray 2002, Brault et al. 2013, Sibuet et al. 2018).

Los valores de diversidad obtenidos beta a partir de los índices de disimilitud en el CPP corresponden a una comunidad conformada y estructurada mayoritariamente por especies motiles, siendo no solo reducida sino restringida la distribución de especies sésiles (capítulo III, Figuras 3.22a-e y 3.25a-e), las cuales típicamente favorecen distribuciones agregadas al igual que elevados valores de diversidad beta (Cordes et al. 2010, Caballero-Vázquez & Vega-Cendejas 2012). Sin embargo, durante el crucero PII estos organismos fueron registrados de manera exclusiva en la estación F1 (*A. fulva*), donde se presentó el porcentaje más bajo de limos, lo cual podría responder al patrón típico exhibido por los poríferos, donde variaciones topográficas, profundidad y tipo de sedimento determinan la distribución en este taxa (Schlacher et al. 2007); siendo zonas menos profundas en inmediaciones de una de las bocas de la Laguna Madre el área ideal para representantes de este taxa (Hernández-Ávila et al. 2014), aunque su distribución podría estar influenciada por las actividades pesqueras realizadas en el área (Wehrtmann et al. 2012).

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, la distribución de organismos, así como el factor responsable de los valores de diversidad beta calculados en el CPP durante el crucero PII, es atribuido al transporte advectivo paralelo de los aportes continentales que se presenta en el área debido al patrón de corrientes y dichas contribuciones provenientes de las lagunas costeras

(Zavala-Hidalgo et al. 2003), diferencias batimétricas entre las estaciones que fomenta el recambio de especies (Brault et al. 2013, Wagstaff et al. 2014, McClain & Rex 2015, Sibuet et al. 2018) y la presencia de zonas de acumulación de sedimentos producto de la elevada complejidad del suelo marino en el área evaluada.

Los valores de diversidad beta registrados durante el crucero PII fueron superiores a los registrados en comunidades bentónicas evaluadas en áreas costeras del mar negro y ventilas hidrotermales (Sarrazin et al. 2015; $0.43 \leq \beta \leq 0.36$), aunque más bajos a los reportados para montes submarinos por (Victorero et al. 2018; $\beta=0.92$). Las estructuras únicas observadas en las estaciones profundas (C3 y D3), son resultado de una elevada cantidad de especies exclusivas distribuidas en el área debido a procesos de clasificación ambiental históricos (e.g. *Amphiophiura oedignatha*, *Holothuria floridana*; Baselga 2010, Fitzpatrick et al. 2013).

En el transecto C las estaciones de plataforma compartieron las especies *C. sulcata*, *P. aztecus* y *A. muscosus*, mientras que las diferencias en términos de salinidad y profundidad entre la zona profunda y de plataforma fue evidente en la ausencia de especies compartidas entre la estación C1 y C3, aunque *C. ornatus* fue capturada en la estación intermedia y profunda. Por su parte, los valores de diversidad total y diversidad debida a cambios en la composición y abundancia del transecto D, fueron menores debido a la presencia de especies compartidas entre las estaciones D1 y D2 (*A. intermedia*, *C. sulcata*, *P. aztecus*, *S. atlantidis* y *L. clathrata*); entre las estaciones D1 y D3 *L. clathrata* fue la única especie compartida, mientras que las D2 y D3 no compartieron especies.

El patrón de especies compartidas en la zona de plataforma responde a características intersecas de las especies. *P. aztecus* debe su distribución a los patrones de migración típicos de su ciclo de vida, los cuales realiza entre la Laguna Madre hacia la zona costera (Wakida-kusunoki et al. 2010), mientras que *C. sulcata* es una de las especies más abundantes de la zona costera de la costa de Tamaulipas y que hace parte de la fauna acompañante de la pesca de camarón (Wakida-Kusunoki et al. 2013, SAGARPA 2014); mientras que el patrón exhibido por el resto de las especies responde a la amplitud de su rango de distribución batimétrica (Felder & Camp 2009).

Las especies que mayor contribución presentaron a la diversidad beta fueron responsables del 90% de la abundancia total de la comunidad (capítulo III, Figura 3.23), siendo sus contribuciones a la beta diversidad un efecto perceptible de fluctuaciones en sus valores de abundancia entre sitios (Heino et al. 2017), además de ser responsables de la heterogeneidad en la composición comunitaria (Chu et al. 2018) y presentar una elevada capacidad de locomoción como es el caso de *C. sapidus*, *A. cingulatus*, *A. duplicatus* y *A. spinicarpus* (Bitter & Penchaszadeh 1983, Rosas et al. 1994, Lima et al. 2014).

Las diferencias en términos de biomasa fueron inferiores a las registradas en los valores de abundancia; lo cual fue evidente en la estación C1, donde *C. sapidus*, *P. aztecus* y *C. sulcata*, presentaron elevados valores de biomasa producto de su distribución batimétrica típica, aportes continentales y la presencia de lagunas costeras (Figuras 4.13b, c, Tabla 4.7).

Las características de hábitat de la zona profunda comentadas con anterioridad auspiciaron la presencia de estructuras comunitarias únicas, las cuales debieron beneficiarse de los elevados valores de materia orgánica presentes en estas áreas, teniendo en cuenta los valores de biomasa, siendo *C. ornatus* la especie de la zona profunda que hizo parte de este grupo (Tabla 4.7; Anexo capítulo II, Tabla 9.5).

Durante el crucero PIII la cantidad de especies sésiles y autogénicas disminuyó notablemente debido a la ausencia de poríferos (Figura 3.22f y 3.25), los cuales fueron capturados durante el crucero PII, siendo su ausencia un posible resultado de las perturbaciones generadas sobre la megafauna epibentónica durante dicho crucero, dado que son estas las especies que presentan mayor vulnerabilidad ante las redes de arrastre (de Juan & Demestre 2012, Kędra et al. 2017). Los valores de diversidad total medida en términos de composición de especies y su abundancia, fueron similares a los registrados entre las dos evaluaciones (campana PII, $B_{SOR}=0.87$, $B_{BRAY}=0.87$; campana PIII, $B_{SOR}=0.87$, $B_{BRAY}=0.88$); sin embargo, los valores de diversidad beta debido a la pérdida de especies fueron más elevados en la segunda campana, lo cual se atribuyó a una menor riqueza de especies ($PII_s=74$ especies; $PIII_s=69$ especies), siendo este mismo factor el responsable de los menores valores en los índices que evalúan el cambio en la composición de especies y la substitución en los valores de abundancia durante el crucero PIII (campana PII, $B_{NES}=0.029$, $B_{GRA}=0.013$; campana PIII, $B_{NES}=0.049$, $B_{GRA}=0.023$).

Los valores registrados en los cruceros PII y PIII, exhibieron el mismo patrón, el cual es atribuido al marcado cambio batimétrico entre estaciones, factor que hace parte activa de los procesos de clasificación histórica y ambiental de las especies (Baselga 2010, Brault et al. 2013, McClain & Rex 2015).

Por otra parte, las contribuciones a la diversidad beta aportadas por *A. alligator*, *A. cingulatus*, *P. granulatus*, *A. duplicatus*, *P. aztecus*, *P. setiferus* y *C. sapidus* fueron resultado de las fluctuaciones en la abundancia y frecuencia de aparición aportada por dichas especies, propiciando la heterogeneidad en la composición comunitaria (Heino et al. 2017, Chu et al. 2018), debido a la presencia exclusiva de *A. duplicatus*, *P. aztecus* y *C. sapidus* en las estaciones costeras y las estaciones F2 y D2, que responde a su rango de distribución e importancia de las lagunas costeras de áreas aledañas en sus ciclos de vida (Wakida-kusunoki et al. 2010, Rodríguez-Castro et al. 2016). La especie *P. granulatus* se registró en las estaciones del grupo *d* en términos de abundancia y la estación B2 (Figuras 3.27a-b), lo cual puede ser atribuido a su amplio rango batimétrico (Felder et al. 2009, $10\text{m} \leq Z \leq 824\text{m}$); entre tanto la importancia de *A. cingulatus* fue resultado de las diferencias marcadas en los valores de abundancia exhibidos entre estaciones, atribuido a la disponibilidad de recursos (da Silva et al. 2018).

En el crucero PIII las estructuras comunitarias únicas se atribuyen a las diferencias entre las condiciones de hábitat de la zona de plataforma continental y la zona profunda (Figuras 4.18b-c), así como por la presencia conspicua de representantes de la clase Holothuroidea en las estaciones C3 y D3, los cuales suelen ser dominantes en la zona profunda, patrón que solo fue observado en términos de riqueza de especies en la estación C3 (Anexo capítulo III, Tablas 9.18, 9.19); mientras que las contribuciones significativas a nivel de especie fueron debidas en su mayoría a especies capturadas en la plataforma continental, siendo *P. aztecus* y *A. cingulatus* casos particulares debido a encontrarse distribuidas en las zonas de plataforma y profunda (Tabla 4.8, Figuras 4.18b-c).

4.4.4 Diferencias temporales de las medidas de condición y diversidad evaluadas.

La ausencia de diferencias en los valores del estadístico *W* entre evaluaciones permite establecer que la variación estacional y cambios marcados en los valores de los atributos comunitarios

evaluados por las curvas ABC, se encuentran enmarcadas dentro de la fluctuación natural de los MEPY, área donde la megafauna es representada por especies altamente sensitivas.

La diversidad local de los MEPY presentó una diferencia marcada entre evaluaciones, ya que la riqueza de especies durante la segunda campaña fue 190% más elevada a la registrada durante el crucero GIV ($GIV_S=168$; $GV_S=319$), sumado a valores de H' y Hb' más elevados que los registrados durante dicho crucero (GIV , $0.59 \text{ bits ind}^{-1} \leq H' \leq 4.82 \text{ bits ind}^{-1}$; GV , $2.66 \text{ bits ind}^{-1} \leq H' \leq 5.31 \text{ bits ind}^{-1}$; GIV , $0.22 \text{ bits kg}^{-1} \leq Hb' \leq 4.18 \text{ bits kg}^{-1}$; GV , $1.42 \text{ bits kg}^{-1} \leq Hb' \leq 4.53 \text{ bits kg}^{-1}$; Figuras 4.8c, e, 4.9c, e).

Las diferencias en los valores de riqueza entre evaluaciones es atribuido a localización las estaciones entre evaluaciones, las cuales son resultado de los retos metodológicos que implican la ejecución de este tipo de investigaciones, sumado a la heterogeneidad del suelo de los MEPY y la variabilidad climática del área de estudio; siendo estos dos últimos factores los más importantes, teniendo en cuenta las diferencias detectadas entre los valores de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto de la PCPY (Mann-Whitney, Temperatura, $Z=2.581$ $p=0.0095$; Salinidad, $Z=2.691$ $p=0.0060$; Oxígeno, $Z=-5.86$ $p=2.05 \cdot 10^{-16}$), y el reporte de Rios-Lara et al. (2004), quienes expresan que la variabilidad ambiental influencia los patrones de transporte larval y la distribución de reclutas de especies megabentónicas, las cuales tienen una gran variedad de ambientes para distribuirse dentro de la PCPY y los MEPY (García 1980, Rios-Lara et al. 2004).

Las diferencias observadas en los valores de LCBBD entre evaluaciones son atribuidos a la escasa presencia de especies compartidas y los cambios en composición, abundancia y biomasa registrados entre evaluaciones, atribuidos a la heterogeneidad del suelos de los MEPY y distribuciones restringidas.

En el CPP la ausencia de diferencias entre las medidas de diversidad es atribuida a escasa fluctuación en los valores de riqueza de especies entre evaluaciones y una mayor cantidad de especies permanentes que fluctúan a lo largo de los ciclos anuales e interanuales, manteniendo sus valores dentro de rangos que responden a la variabilidad local y procesos de compensación en el consumo de la energía, permitiendo crecimientos demográficos específicos a nivel de especies (e.g. *A. cingulatus* y *A. duplicatus*); sumado al efecto generado por el marcado gradiente

batimétrico presente en la zona estudiada, al cual se le atribuye la presencia de fauna exclusiva que se encuentra sometida a menores eventos perturbadores debidos a las actividades productivas realizadas en el área.

4.4.5 Relación entre los índices ecológicos y las variables ambientales

Las relaciones directas entre los compuestos alifático y el índice W son atribuibles a la naturaleza inocua de estos compuestos para la fauna, para la cual estos compuestos son una fuente alimento (Flint & Rabalais 1981, Feiner et al. 2018), contribuyendo al incremento de los valores de biomasa y por tanto a la presencia valores positivos de dicho índice (Warwick 1986, Warwick et al. 1987, Warwick & Clarke 1994).

Las relaciones inversas resultan de la baja estabilidad del ambiente sedimentario de las estaciones P80 y H39 donde se presenta la mezcla de partículas sedimentarias finas y gruesas, en presencia de procesos erosivos, dando origen a la muy mala clasificación del sedimento (Amrouni-bouaziz et al. 2007, Rubio-polanía & Trujillo-arcila 2013). Sin embargo, la presencia de valores relativamente altos de PAHs en los MEPY resulta atípica, debido a las características del área de estudio; siendo esto atribuible al transporte marítimo de hidrocarburos.

La relación directa entre la temperatura y el índice W es atribuible al efecto directo entre dicha variable y la tasa metabólica de invertebrados bentónicos, favoreciendo valores elevados de biomasa (Cusson et al. 2005); mientras que la relación inversa con la profundidad responde a la disminución de la cantidad y calidad de alimento producida por una mayor distancia de la línea de costa y por tanto de dicha variable (Harmelin-Vivien et al. 2009), donde hay mayor dependencia de los subsidios de alimento provenientes de la columna de agua, siendo esto una fuente de estrés que genera una disminución en el área generada por las curvas ABC que da origen al índice W (Pagola-Carte 2004).

Durante la evaluación realizada durante el crucero GV fue posible detectar los valores más elevados de riqueza observada, esperada y H_{max} en las estaciones I43 y H39, índices que exhibieron relación directa e intermedia con la latitud (Spearman, $\rho = 0.56$, $p < 0.05$), variable que es una medida intrínseca de la distancia a la línea de costa en los MEPY y por tanto de la influencia de aportes continentales, los cuales no necesariamente se presenten en estas estaciones, dada la

naturaleza mixta de los aportes del *n*-C₁₁ (Schnitzler et al. 1998, Carrizo et al. 2019) y ausencia de relaciones con compuestos de origen continental como el *n*-C₂₃, *n*-C₃₄ o *n*-C₃₃ (Ohkouchi et al. 1997, Binark et al. 2000, Birgel et al. 2004, Sanchez 2007).

Sin embargo, cabe la posibilidad de que se presenten aportes debido al transporte de hidrocarburos, lo cual es propuesto dadas las correlaciones entre dichos índices y el diobenzotiofeno (DBZ), el cual es uno de los compuestos polinucleares proveniente del petróleo más tóxicos, que se bioacumula en organismos bentónicos (Lee & Page 1997, Acuña-González et al. 2004, Botello et al. 2005, Soliman 2007), que además presentó relativamente altas concentraciones en dichas estaciones (Anexo capítulo II, Tabla 9.4).

El diobenzotiofeno suele presentar valores elevados de concentración en zonas con altos porcentajes de arcillas y materia orgánica (Yang et al. 1998); sin embargo, la estación G35 fue la única área que presentó un porcentaje superior al 60% de limos y arenas medias, del conjunto de estaciones que presentaron los valores altos de este compuesto (G35, H39 y H40), siendo importante determinar su fuente (*e.g.* fuentes continentales, transporte de petróleo), debido a la naturaleza petrogénica de los hidrocarburos aromáticos presentes en el área (capítulo II, Tabla 2.7).

La relación directa entre la dominancia y la asimetría del sedimento responde a la influencia que tiene esta variable en la deposición pelágica (Huang & Watkins 1977), siendo esta relación citada como factor que contribuye a la dominancia de especies (Hein 2013).

Aunque durante la presente evaluación ha sido evidente el efecto de la complejidad estructural del hábitat sobre la biomasa, los valores de diversidad evaluados a partir de la biomasa responden en mayor medida a la presencia de fuentes de alimento, siendo el *n*-C₃₇ la principal fuente de energía de en la estación I43 (Anexo capítulo II, Tabla 9.4). Este compuesto es aportado por fuentes continentales como planctónicas (Tait et al. 2004, Boot et al. 2006, Goni et al. 2009, Xing et al. 2011); sin embargo, es posible que su fuente principal fuese marina teniendo en cuenta los valores aportados por los índices de origen (capítulo I, Tabla 2.8), lo cual podría explicar el elevado porcentaje de especies filtradoras presentes en la estación I43.

En el CPP durante el crucero PII, la presencia de especies filtradoras junto a la elevada densidad de organismos del género *Astropecten*, fueron el factor fundamental que propició los valores

negativos del estadístico W en las estaciones intermedias (Tabla 4.2). En esta zona los aportes continentales de las lagunas costeras presentan menor influencia y por tanto valores más elevados de salinidad.

La relación directa entre los metales pesados y los índices S, Esn y Hmax, permiten establecer la ausencia de un efecto perturbador de dichos metales sobre la fauna distribuida en el área, confirmando el bajo riesgo ecológico determinado con el índice de riesgo ecológico potencial en el segundo capítulo del presente estudio (capítulo II, Figura 2.29). La presencia de estos elementos en el CPP es atribuible a las actividades agrícolas o actividades industriales que se realizan a los dos lados de la frontera entre México y Estados Unidos (Tavera 2006, Mendoza et al. 2011, Sharifuzzaman et al. 2015).

La relación existente entre los compuestos alifáticos y los índices S, Esn y Hmax, hace evidente que la fauna de las estaciones, B1, D2, D3 y F2, se benefician del subsidio de energía proveniente de la zona costera, dado que los n -C₁₃, n -C₂₃ y n -C₂₄ provienen de desechos de vegetación de marismas, praderas y vegetación continental, acumulada en ambientes marinos en presencia y ausencia de oxígeno, donde los procesos metabólicos de bacterias, hongos y levaduras son determinantes (Harada et al. 1995, Binark et al. 2000, Birgel et al. 2004), siendo esto evidencia de un marcado transporte advectivo en el CPP, el cual ha sido reportado por Zavala-Hidalgo et al. (2003) proveniente de la zona norte del GoM.

Al ser registradas relaciones directas entre los valores de Hb' con los n -C₁₃ y n -C₂₃, es posible establecer la elevada importancia del subsidio continental y de la zona costera para la megafauna distribuida en el CPP, dado que estos compuestos provienen de desechos vegetales continentales y marinos (Binark et al. 2000, Birgel et al. 2004, Sánchez et al. 2008), sobre todo para la zona intermedia y profunda, donde se presentaron más especies de niveles tróficos inferiores (capítulo V, Figura 5.16).

La relación exhibida entre la dominancia y los hidrocarburos n -C₃₀, n -C₃₁, n -C₃₂, 2,6-dimetilnaftaleno, el acenaftileno y el 2,3,5-trimetilnaftaleno, resulta de evidentes subsidios continentales, ya que los primeros tres compuestos son aportados principalmente por desechos de plantas continentales (Ohkouchi et al. 2000, Klaus-Gerhard et al. 2004, Sinninghe et al. 2005), los

cuales favorecieron en mayor medida la presencia de las especies *C. sapidus*, *A. duplicatus*, *C. similis* y *P. aztecus* (Anexo capítulo III, Tabla 9.16), las cuales no se vieron afectadas por la presencia de los compuestos aromáticos dadas sus bajas concentraciones (Long & Morgan 1990, Westons Solutions 2008). Entre tanto, las relaciones inversas entre los valores de LCBD en términos de abundancia y biomasa, responden a la presencia de valores bajos de salinidad, el fitano y el *n*-C₃₆ en las estaciones de la zona profunda, donde se presentaron estructuras comunitarias únicas que pueden ser atribuidas a la baja variabilidad ambiental de dichas áreas.

Durante el crucero PIII las relaciones directas entre los índices S, E_{sn} y H_{max} con el porcentaje de limos, es atribuible a una respuesta directa de la megafauna ante valores elevados de sedimento de menor tamaño con mayor capacidad de acumular materia orgánica, favoreciendo la presencia de alimento subsidiado por la zona costera y la columna de agua, mientras que indirectamente la comunidad se beneficia al depredar organismos que prosperan en este tipo de sedimentos (Clark et al. 2010, Montagna et al. 2013).

Las relaciones directas entre las medidas de diversidad e hidrocarburos es atribuible a las actividades económicas y aportes continentales realizados en mayor medida en las estaciones F1, D1 y F2; ya que el *n*-C₃₉ es aportado por desechos de plantas continentales que se presentan de manera frecuente en sedimentos de ríos (Liebezeit & Wöstmann 2009), mientras que los hidrocarburos aromáticos del área se encuentran en combustibles como el diesel y es metabolizable por microorganismos (Neff 2002), lo cual podría explicar sus bajas concentraciones en el área. Relaciones entre los hidrocarburos y la presencia de especies megafaunales omnívoras de las estaciones con elevados valores de diversidad y riqueza deben ser evaluadas a futuro, dado que en el CPP, dichos compuestos exhibieron mayor importancia con respecto a otras variables ambientales.

Aunque la dominancia exhibiera relaciones directas con la profundidad, lo cual es atribuible al gradiente de disminución de aportes alimenticios provenientes de fuentes continentales que afecta este atributo comunitario (Harada et al. 1995, Binark et al. 2000, Gray 2001, Birgel et al. 2004, Sánchez et al. 2008); dicho patrón podría estar relacionado a un gradiente de disminución de especies biogeográfico asociado con la longitud (Costello & Chaudhary 2017).

El patrón registrado durante esta evaluación fue mixto al exhibir en la zona intermedia y profunda estructuras distintivas, relacionadas con hidrocarburos alifáticos, pero también con la dominancia de especies, exhibiendo una tendencia diferente en términos de biomasa al crucero PII (Figuras 4.20a-b); siendo un posible indicador de la necesidad de mantener programas de monitoreo que contemplen dichas áreas, en las cuales *A. alligator*, *A. cingulatus*, *Platylambrus granulatus* entre otras especies (Anexo capítulo III, Tabla 9.17), se benefician directa o indirectamente de la producción primaria y secundaria de la columna de agua, aportes continentales y procesos geológicos como las principales fuentes de carbono de dichas (Harada et al. 1995, Sinninghe et al. 2005, Goni et al. 2009, Libes 2009).

4.5 Conclusiones

- La presencia de representantes de talla pequeña de especies que se reclutan en el intervalo de tiempo dentro del cual se realizó este estudio, generó un escaso nivel de confianza en los resultados aportados por las curvas ABC, lo cual ha sido reportado en otras evaluaciones.
- Las condiciones de estrés ambiental evidenciadas por las curvas ABC son atribuibles a fluctuaciones en el subsidio de alimento para especies filtradoras y cambios en la composición de especies autógenas.
- La diversidad local en los MEPY fue influenciada por la presencia de especies autógenas, las cuales permitieron establecer una elevada heterogeneidad de esta área.
- Los valores de diversidad del CPP se encuentran dentro del rango reportado para áreas sometidas a corrientes fuertes y explotación de hidrocarburos.
- La presencia de *A. cingulatus* afectó negativamente los valores de diversidad registrados en el CPP.
- El recambio de especies fue el proceso director del cambio en la composición de especies en términos de composición, abundancia y biomasa, haciendo evidente una elevada heterogeneidad estructural del hábitat en las dos áreas evaluadas.
- Especies responsables conformar grupos y discriminarlos en términos de disimilitud fueron

exhibieron contribuciones importantes a la diversidad beta.

- La presencia de especies raras y muy raras influyó los valores de diversidad α , β y LCBD, así como la formación de grupos distinguibles en términos de composición de especies.
- Los hidrocarburos fueron las variables ambientales con mayor influencia sobre las medidas de diversidad α , β y LCBD; haciendo evidente la necesidad de mantener programas de vigilancia en las áreas evaluadas.

5 Capítulo V: Distintividad taxonómica, diversidad y redundancia funcionales de las comunidades megabentónicas distribuidas en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido

Resumen

Establecer los valores de referencia de diversidad regional y funcional hace posible elaborar planes de manejo que permitan la explotación y protección de recursos. Dichos atributos se evaluaron en comunidades megabentónicas a partir de muestreos realizados en los cruceros oceanográficos GIV, GV, PII y PIII. Para tal fin se calcularon los índices de distintividad taxonómica promedio y su variación (Δ^+ , Λ^+), el coeficiente de Rao (Q) y la redundancia funcional. A través de la prueba BIOENV y análisis de correlación de Spearman se evaluaron las relaciones con las variables ambientales. Los valores de Δ^+ y Λ^+ no presentaron correlaciones con la riqueza de especies. En los MEPY fluctuaron entre 96.23-218.62 a 90.02-250.53, mientras que en el CPP lo hicieron de 86.76-430.40 a 86.97-425.47, el valor de referencia para el GoM fue 92.34-243.91. La áreas evaluadas en los MEPY se distribuyeron dentro de los límites de confianza, mientras que en el CPP estuvo subrepresentada. Los valores de referencia de diversidad funcional de los MEPY fluctuaron entre 0.48 ± 0.20 y 0.55 ± 0.17 . En el CPP los valores oscilaron entre 0.43 ± 0.23 y 0.46 ± 0.20 ; en las dos áreas la redundancia funcional fue más alta en la primera campaña. Los hidrocarburos fueron las variables ambientales más importantes en ambas áreas. Las comunidades de los MEPY se pueden considerar estables, mientras que las del CPP estuvieron sobre representadas por especies insensibles a la pesca de arrastre. La diversidad funcional fue más alta a la registrada en otras áreas geográficas y estuvo influenciada por el dispositivo de muestreo y la clasificación ambiental. La naturaleza inocua de los compuestos alifáticos favoreció a géneros específicos, afectando la equitativa de especies; mientras que la cantidad porcentual de carbono favoreció las especies oportunista y en el CPP la equitatividad niveles taxonómicos. Las relaciones inversas con los PAHs podrían responder a patrones de distribución y afectos adversos sobre los procesos metabólicos. El CPP exhibió menores valores de distancia taxonómica y redundancia funcional, requiriendo mayor atención y desarrollo de planes de manejo, mientras que la presencia de especies autógenas hace de los MEPY un área donde se deben adelantar planes de protección de las comunidades evaluadas

5.1 Introducción

Los ambientes naturales presentan características intrínsecas que determinan rangos de fluctuación, los cuales cubren sus características fisicoquímicas, al igual que la flora y fauna que los constituye; siendo dichos rangos los valores de referencia que permiten establecer fluctuaciones por fuera del patrón de variabilidad natural y que comúnmente buscan ser evaluados a través de los atributos de la comunidad (Magurran 2004).

Todas las evaluaciones de biodiversidad presentan un sesgo asociado al número de especies presentes en el área evaluada y el colectado en las muestras (Crist & Veech 2006), el cual tiende a aumentar conforme aumenta del esfuerzo de muestreo, sin embargo, dicho incremento es sutil (Azovsky 2011); razón por la cual es importante estimar el número de especies presentes en la zona de estudio y calcular los grados de libertad para definir la robustez de las estimaciones obtenidas (Tweedley et al. 2012).

Algunas evaluaciones de biodiversidad presentan retos metodológicos, logísticos o relacionados con la protección y manejo adecuado de las comunidades evaluadas. Tal es el caso de las comunidades megabentónicas, de las cuales se obtienen muestras a partir de arrastres con redes de fondo (Kaiser et al. 1998, Althaus et al. 2009), actividad que implica la perturbación del área evaluada generando daños parciales o permanentes en la fauna evaluada (Roberts et al. 2000, De Juan et al. 2007, de Juan et al. 2009, Ayma et al. 2016, González-Irusta et al. 2018), limitando la cantidad de muestras y replicas en aras de proteger la comunidad evaluada.

Las limitantes logísticas y éticas que implica la evaluación de comunidades megabentónicas, es necesario recurrir a herramientas independientes del esfuerzo muestral que aporten resultados confiables; siendo las más adecuadas los índices de distintividad taxonómica promedio y la diversidad y redundancia funcional (Clarke & Warwick 2001a, Tornroos & Bonsdorff 2012, Norkko et al. 2013).

Las evaluaciones realizadas en comunidades que presentan esfuerzo muestral limitado, pueden llevarse a cabo de manera confiable a través de los índices de distintividad taxonómica promedio (Clarke & Warwick 2001a b). Este conjunto de índices permite establecer las diferencias entre comunidades distribuidas en diferentes hábitats, grupos tróficos y la calidad del ambiental del área

donde se encuentran distribuidos (Warwick & Clarke 1998, Clarke & Warwick 1999, 2001b, Von Euler & Svensson 2001).

La distintividad taxonómica promedio (Δ^+) es una medida de la distribución de especies de acuerdo a su parentesco taxonómico, evaluada a partir de los valores de presencia/ausencia; donde la longitud promedio entre dos especies elegidas al azar, ubicadas al interior de un árbol de clasificación de Linneo y presentes en las muestras da origen a los valores proporcionados por este índice (Warwick & Clarke 1998, Clarke & Warwick 1999, Von Euler & Svensson 2001, Bevilacqua et al. 2009).

Este análisis aporta valores que permiten generar un cladograma que representa la relación de especies individuales, donde su variación refleja la falta de uniformidad en el árbol taxonómico (Salas et al. 2006b, Bevilacqua et al. 2009); mientras que el análisis gráfico de *funnel* presenta el valor promedio calculado al interior de límites de confianza al 95% (Clarke & Warwick 2001b), facilitando la interpretación para hacer comparaciones entre hábitat, donde la topología del árbol de clasificación da origen a las diferencias entre zonas (Leonard et al. 2006, Box et al. 2010).

Las características de representación de *funnel* permite establecer que estaciones representan la fauna típica de un área determinada, así como los lugares que exhiben contribuciones externas. A su vez, las fortalezas del análisis y su representación han permitido establecer procesos de perturbación (Clarke & Warwick 2001a, Ellingsen et al. 2005, Warwick 2008), ya que dichos eventos afectan la topología del árbol de clasificación excluyendo los sitios afectados de los límites de confianza.

Teniendo que el valor de diversidad gamma corresponde al número total de especies distribuidas en un área, los índices de distintividad taxonómica promedio resultan ser una herramienta mucho más robusta que permite establecer la fauna típica de un área en particular, así como la presencia de perturbaciones, son estos índices una medida mucho más confiable para definir el aspecto de la diversidad regional.

A su vez, las medidas de diversidad funcional permite establecer condiciones locales y generales de referencia, dado que este es el rango de influencia de las modalidades y no presente una relación lineal con la riqueza de especies (Tomroos & Bonsdorff 2012, Norkko et al. 2013); mientras que

las medidas de diversidad funcional están relacionadas con el número, tipo, distribución y función de los organismos en un ecosistema (Díaz & Cabido 2001, Bremner et al. 2003).

El papel de cada especie al interior del ecosistema este determinado por sus características fenotípicas que establecen su distribución, posición en cadenas tróficas e interacción en los ciclos biogeoquímicos (Johnson et al. 1996, Rosenfeld et al. 2002, Forsman 2014, Lamptey 2015, Zamudio et al. 2016, Gibert & DeLong 2017); siendo la clasificación de organismos de acuerdo a sus hábitos tróficos, forma, tamaño, y capacidad de locomoción, una herramienta que permite evaluar los aspectos funcionales, dado que dichas características resultan de la historia evolutiva de cada especie junto a la clasificación ambiental, aspectos que favorecen las modificaciones ambientales y la capacidad de proveer servicios específicos (Bremner et al. 2003, De Bello et al. 2007, Kalogirou et al. 2010, Laureto et al. 2015).

Los servicios provisto por un ecosistema son valorados de acuerdo con la relación entre ambientes naturales y comunidades humanas, siendo la eficiencia de los ciclos biogeoquímicos, presencia de sumideros o fuentes de carbono, el aporte de alimento o medicinas, la regulación del clima y/o suministro y depuración natural de aire y agua, los servicios más valorados (Díaz & Cabido 2001); los cuales se ven afectados por fluctuaciones en la persistencia a través de tiempo de la fauna y flora de un área determina (Díaz & Cabido 2001, Bremner et al. 2003, Petchey et al. 2006, Bremner 2008).

La persistencia en la composición de una comunidad favorece la persistencia del ecosistema debido a las funciones aportadas por cada especie (De Bello et al. 2007), donde las medidas de diversidad funcional indican la presencia de rasgos funcionales y por tanto, las vías por las cuales se da el intercambio de materia y energía de un ambiente determinado (McCann 2000, Solan et al. 2004, Arroyo et al. 2015). Al identificar las características funcionales de una comunidad se facilitan los procesos predictivos de cambios estructurales, dinámicos, ambientales y su variabilidad espacio temporal (Nikolaos et al 2017; Sutherland et al 2013), favoreciendo programas de manejo ambiental que aseguren la persistencia de un ambiente dado dentro de sus rangos funcionales naturales.

Ante la presencia de disturbios, su naturaleza, magnitud y duración, son las variables que determinan cambios a nivel de poblaciones, comunidades o ecosistemas (Holling 1973, Pandian 1980, Connell & Sousa 1983, Grimm et al. 1992, Turchin 1993, Turner et al. 1995, Pezeshki et al. 2000, Scheffer et al. 2001, Mistri 2002, Fritz & Dodds 2004, Schlacher et al. 2008, Bhakta et al. 2018), ante los cuales la composición de especies y sus rasgos funcionales presentan una elevada importancia, dado que ante eventos de gran magnitud o de larga duración pueden presentarse la pérdida de especies, lo cual podría ocasionar la pérdida de funciones (Letters et al. 2005); siendo la presencia de diferentes especies al interior de la misma modalidad una ventaja ecológica (Kang et al. 2015).

Comúnmente se asume que especies que exhiben la misma modalidad al interior de un rasgo funcional responden de manera similar aunque asincrónica ante un disturbio, siendo dichas especies redundantes en términos funcionales (Johnson et al. 1996, Bremner et al. 2003, De Bello et al. 2007, Kang et al. 2015). Al igual que la diversidad funcional, la redundancia funcional fluctúa a lo largo del tiempo a través de los procesos de recambio de especies, donde estas dirigen las funciones ecológicas y por tanto la biodiversidad del ecosistema (Frid & Caswell 2016), ya que la función de cada especie determina su grado de importancia en los procesos ecológicos (Walker & Walker 1992), sin que esto implique la existencia de especies que puedan ser prescindibles (Dimitriadis & Koutsoubas 2011), debido a que la tasa de respuesta ante cambios o alteraciones es intrínseca para cada una (Hewitt et al. 2010) y una gran abundancia de especies realizando la misma función refuerza.

La redundancia funcional aporta al ecosistema la capacidad de persistir ante la presencia de disturbios a pesar de la pérdida de especies de bajos niveles de tolerancia y que permite establecer programas de protección o manejo ambiental en ambientes donde los valores de redundancia son bajos, lo cual compromete su persistencia (Gitay et al. 1996, Clarke & Warwick 1998), ya se produce la pérdida acelerada de rasgos funcionales (Letters et al. 2005).

Comunidades sometidas ante disturbios naturales y antropogénicos frecuentes como el componente megafaunal del ambiente bentónico, requiere evaluaciones en caminadas a determinar valores de referencia que permita establecer sus rangos de fluctuación a fin de generar mecanismos de respuesta rápida ante perturbaciones antropogénicas debidas a la exploración y explotación de

hidrocarburos; actividad económica que se lleva a cabo en el GoM y que requiere este tipo de información, para favorecer la explotación de este recurso natural de manera responsable.

Teniendo en cuenta que la complejidad de hábitat de los MEPY que favorece la presencia de un mayor número de grupos taxonómicos y de especies es de esperarse que exhiba mayor distancia taxonómica promedio y modalidades, por tanto, menor redundancia funcional, mientras que en el CPP este último atributo comunitario debe ser mayor al registrado en los MEPY.

Este capítulo tiene por objetivo evaluar la diversidad regional de la megafauna bentónica de los MEPY y el CPP en términos de $\Delta+$ y $\Lambda+$, evaluar la diversidad funcional promedio y redundancia funcional, aportando los valores de referencia de estos atributos comunitarios distribuidos en las áreas evaluadas, a fin de que sirvan como herramientas de manejo y protección de la fauna y áreas evaluadas.

5.2 Materiales y métodos

Para establecer los valores de referencia de diversidad regional de los MEPY, el CPP y el valor general de las zonas en conjunto (YUCPER), determinar la representatividad de la fauna capturada con respecto a su diversidad regional y la presencia de contribuciones externas de zonas con mayor o menor diversidad taxonómica (Warwick et al. 2002); fueron construidas listas generales de especies (“masterlist”; Warwick & Clarke 1998, Warwick & Light 2002, Clarke et al. 2014), las cuales fueron construidas de los reportes de especies bentónicas proporcionados por Felder & Camp (2009), Gracia et al. (2010), Ruiz et al. (2013), Santana-Moreno et al. (2016) permitiendo comparar el total de especies capturadas en los MEPY con un listado de 1639 especies, 619 especies en el caso del CPP y 1731 especies para YUCPER.

Posteriormente los valores de abundancia de especies se transformaron a valores de presencia-ausencia, a fin de calcular los índices de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$) y variación de la distintividad taxonómica promedio ($\Lambda+$) definidos por Warwick & Clarke (1998); donde $\Delta+$ resulta de la doble sumatoria de la distancia de pares de especies i y j , presentes en las muestras elegidas al azar y ubicadas al interior de un árbol de clasificación de Lineo (w_{ij}), sobre una medida insesgada de la riqueza de especies dividido entre 2 (Clarke et al. 2014; Eq 14).

$$\Delta+ = \frac{\sum \sum_{i < j} w_{ij}}{\left[\frac{S(S-1)}{2} \right]} \quad (14)$$

Entre tanto, el grado de sobrerrepresentación de un grupo taxonómico corresponde a la varianza de las distancias taxonómicas entre un par de especies (w_{ij}) alrededor del valor de distancia promedio (Clarke et al. 2014; Eq 15).

$$\Lambda+ = \frac{\sum \sum_{i < j} (w_{ij} - \Delta+)^2}{\left[\frac{S(S-1)}{2} \right]} \quad (15)$$

Los valores calculados fueron representados con la prueba grafica de *funnel* que aporta un área de distribución regional típica delimitada por límites de confianza al 95% subdividida por un valor promedio teórico que corresponde a una muestra o zona ideal en el cual se presentan todas las especies capturadas, aportando de esta manera los valores de referencia en términos de $\Delta+$ y $\Lambda+$.

Para evaluar la diversidad funcional fueron seleccionados 9 rasgos funcionales subdivididos en 33 modalidades obtenidas a partir de 959 trabajos publicados en revistas científicas, tesis y páginas en internet. Las modalidades al interior de cada rasgo funcional fueron categorizadas de acuerdo al grado de afinidad de cada especie, asignando valores entre 0 y 1, siendo 0 una afinidad nula ante una modalidad determinada y 1 afinidad exclusiva, valores de 0.25, 0.5 y 0.75 fueron adjudicados a las especies con reportes de afinidades bajas, intermedias o altas (Chevenet et al. 1994, Lavorel & Leps 2008).

Los valores de abundancia y biomasa se transformaron a raíz cuarta y relativizados de acuerdo a la cantidad de estaciones evaluadas, dando origen a una matriz de especies- estación y utilizando la información de rasgos funcionales se construyó una matriz de especies x rasgos funcionales (Ricotta 2005, Lavorel & Leps 2008).

Tabla 5.1. Rasgos funcionales de la megafauna bentónica tenidos en cuenta en el presente estudio. Se presenta el rasgo funcional, modalidades, funciones al ecosistema, referencias y los códigos asignados. P.Primario=Productor primario, A.Movilidad=Alta movilidad.

Rasgo funcional	Modalidad	Función en el ecosistema	Referencia	Código
Nivel Trófico	Predador	Producción secundaria	Cullen et al. 1994	Pr
	Herbívoro	Flujo y reciclamiento de energía	Guiller et al. 2004	He
	Omnívoro	Exportación de alimento	Bremner et al. 2006	Om
	P Primario	Exportación de contaminantes	Montgomery et al. 2008	PP
	Partículas	Biodepuración		Par
	Sedimento	Remineralización		Sedi
Locomoción	Alta Movilidad	Reciclamiento de nutrientes	Solan 2000	HMot
	Móvil	Productividad	Guiller et al. 2004	Mot
	Sedentario	Carbono en sedimentos	Costello et al. 2016	Sed
	Sesil	Importación de carbono	Griffiths et al. 2017	Ses
	Excavador	Exportación de carbono		Bu
Hábitat	Superficial	Producción secundaria	Levinton 1995	Sur
	Adherido	Reciclamiento recursos	Bremner et al. 2006	Atta
	Excavador	Recambio de recursos	Walh 2009	Bu
		Porcentaje de carbono	Woodin et al. 2010	
		Cantidad de oxígeno	Griffiths et al. 2017	
	Profundidad C DPR	Finlayson et al. 2020		
	Cantidad de agua intersticial			
Posición	Epifauna	Disponibilidad de espacio	Levinton 1995	Epi
	Infauna	Cantidad de carbono	Bremner et al. 2006	In
		Almacenado en el sedimento	Woodin et al 2010	
		Oxígeno en el sedimento	Finlayson et al 2020	
		Reciclamiento de recursos		
		Recambio de alimentos		
	Profundidad C DPR			
	Cantidad de agua intersticial			
Volumen	Volumen Pequeño	Espacio disponible	Norkko et al. 2013	VoSm
	Volumen Mediano	Producción secundaria	Weigel et al. 2016	VoMe
	Volumen Grande	Topología de la red trófica		
		Importación de recursos		
	Exportación de recursos			
	Flujo de materia y energía			
	Bioindicador de disturbios			
	Dispersión			
Tamaño	Pequeño	Energía, productividad	Bremner et al. 2006	Sm
	Mediano	Reciclamiento de energía	Norkko et al. 2013	Me
	Grande	Transporte de carbono	Costello et al. 2015	La
	Muy Grande	Bioindicador de disturbios		VLa
Longevidad	Menor a 5 años	Energía	Bremner et al. 2006	Ale5
	De 5 y 10 años	Productividad	Norkko et al. 2013	B51
	De 10 y 50 años	Reciclamiento de energía		B10to50
	Mayor a 50 años	Transporte de carbono		Old50

Continuación de la tabla 5.1

Rasgo funcional	Modalidad	Función en el ecosistema	Referencia	Código
Flexibilidad	Mayor o igual a 45°	Patrones temporales	Bremner et al. 2006;	Hi45
	Entre 45° y 10°	Disponibilidad de alimento	Tomanova et al. 2008	Lo
	Menor a 10°	Respuesta a cambios ambientales		No
Fragilidad	Duro	Resistencia a corrientes	Gonzalez-Irusta et al. 2018	HaVe
	Fuerte	Resistencia al oleaje	Weigel et al. 2016	Stro
	Sin protección	Disturbios físicos		Npro
	Frágil	Energía y elementos cíclicos		Fra
		Patrones temporales		

A partir de estas dos matrices fue calculada la diversidad funcional promedio, a través del coeficiente cuadrático de Rao, el cual es una generalización del índice de diversidad de Simpson, que en términos de diversidad funcional refleja la probabilidad que dos individuos de una comunidad seleccionados al azar sean funcionalmente diferentes (Ricotta 2005, Leps et al. 2006; Eq. 14).

$$Q = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s d_{ij} p_i p_j \quad (\text{Eq. 14})$$

En la expresión de Rao, la proporción de una especie *i-th* en una comunidad es p_i , siendo su disimilitud entre especies *i* y *j* es d_{ij} (Botta-Dukát 2005, Ricotta 2005); donde *s* es el número de especies en una comunidad, mientras que d_{ij} fluctúa entre 0 y 1, siendo las especies con el mismo rasgo funcional quienes exhiben el primer valor y las diferentes el segundo (Botta-Dukát 2005, Ricotta 2005; Eq. 15).

$$R = D - Q \quad (\text{Eq. 15})$$

Para establecer la redundancia relacionada con la medida de diversidad funcional, obtenida a partir de la expresión cuadrática de Rao, se calculó la diferencia entre los índices Q y el índice de Simpson (Leps et al. 2006, De Bello et al. 2007, Ricotta et al. 2016). Dado que en el presente marco de evaluación la diversidad y la redundancia funcionales hacen parte de dos caras de la misma moneda; a su vez, fue utilizada la relación lineal entre los índices Q y H', donde valores de pendiente cercanos o iguales a 1 indican una baja redundancia, circunstancia en la cual una o pocas especies representan una modalidad o incluso un rasgo funcional, mientras que valores de pendiente iguales o cercanos a cero, permiten establecer la presencia de múltiples especies realizando las mismas funciones en el área evaluada (Letters et al. 2005, Kokarev et al. 2017a).

Para establecer el aspecto que más contribuyó a la diversidad funcional de las áreas evaluadas fue realizado un análisis de coordenadas principales con los valores de diversidad funcional previamente calculados (Anderson et al. 2008, Degen et al. 2018).

Para establecer la relación entre las modalidades y las variables ambientales, fue calculada la matriz de rasgos ponderados para la comunidad, obtenida a partir de la matriz de modalidades por rasgo funcional a nivel de especie y el valor de abundancia o biomasa relativo transformado a raíz cuarta por estación (Culhane 2012, Fragoso 2016), siendo esta matriz una medida confiable de distribución funcional de las modalidades entre estaciones (Belley & Snelgrove 2016). A partir de dicha matriz fue calculada la matriz de disimilitud de Bray-Curtis que junto a la matriz de distancia euclidiana obtenida previo análisis de colinealidad, permitió realizar la prueba BIOENV (Clarke et al. 2014). La relación entre los valores promedio de diversidad y de redundancia funcional con las variables ambientales fue evaluada a través de análisis de correlación de Spearman (Clarke et al. 2014).

Los índices de distintividad promedio ($\Delta+$ y $\Lambda+$), los análisis de coordenadas principales y la prueba BIOENV fueron calculados a través de la plataforma PRIMER 7 (Clarke et al. 2014); mientras que los índices de Rao (Q) y Simpson (D) junto a la matriz de rasgos ponderados para la comunidad fueron calculados utilizando el archivo de macro functdiv.xls desarrollado por Dr. Leps (Leps et al. 2006, Lavorel & Leps 2008, Bosch et al. 2017), en el departamento de Botánica de la Universidad del Sur de Bohemia (disponible a través de <http://botanika.bf.jcu.cz/suspa/FunctDiv.php>). Los análisis de correlación fueron llevados a cabo a través de la plataforma R, utilizando las funciones rcorr y corrplot de los paquetes de funciones “Visualization of a correlation matrix” y “Harrell Miscellaneous” (Wei et al. 2017, Harrell 2020).

5.3 Resultados

5.3.1 Distintividad taxonómica promedio y variación de la distintividad taxonómica como herramienta para evaluar la diversidad gamma.

5.3.1.1 Evaluación Gomex

La evaluación realizada durante el crucero GIV el valor de Δ^+ promedio fue de 93.26, las estaciones G34 y A5 exhibieron valores por debajo de los límites de confianza establecidos para la fauna reportada para la PCPY y capturada en los MEPY, indicando una baja representatividad de la fauna capturada con respecto a la reportada en el área evaluada; mientras que la estación O75 exhibió el valor más cercano al promedio de la comunidad (93.76). La estación B8 exhibió la mayor riqueza de especies, siendo el segundo más elevado de la presente evaluación y un valor de Δ^+ de 92.67 (Figura 5.1a). En términos de variación (Λ^+), el valor promedio de la evaluación fue 218.62, con un valor de 0.0 en la estación H40 y de 403.56 en la estación G35. Las estaciones A5, G34 y A3 se distribuyeron por fuera de los límites de confianza, exhibiendo valores entre 309.34 y 402.75 (Figura 5.1b).

Durante el crucero GV el índice Δ^+ presentó un valor promedio de 92.02, su valor más bajo se registró en la estación P78 (82.12), estación distribuida por fuera del área que delimita la fauna típica de los MEPY, al igual que la capturada en las estaciones H40, O75 y J48 (Figura 5.1c). Las estaciones H39 e I43 presentaron los valores más cercanos al promedio del área y por tanto más equitativos, mientras que la estación P79 exhibió el valor más elevado Δ^+ .

El valor promedio de Λ^+ fue de 250.53, el cual permitió observar una mayor variación promedio que la registrada durante el crucero GIV (218.62; Figuras 5.1b, d), patrón contrario al observado en términos de Δ^+ . El valor más cercano al promedio teórico se registró en la estación H39 (262.99), mientras que las estaciones O75 y P80 se distribuyeron por fuera del área delimitada por la fauna típica del área (Figura 5.1b). En los MEPY no se registraron diferencias entre los valores de distintividad promedio o variación de la distintividad promedio (Mann-Whitney, $W=147$, $p=0.48$; $W=1.19$, $p=0.44$, respectivamente).

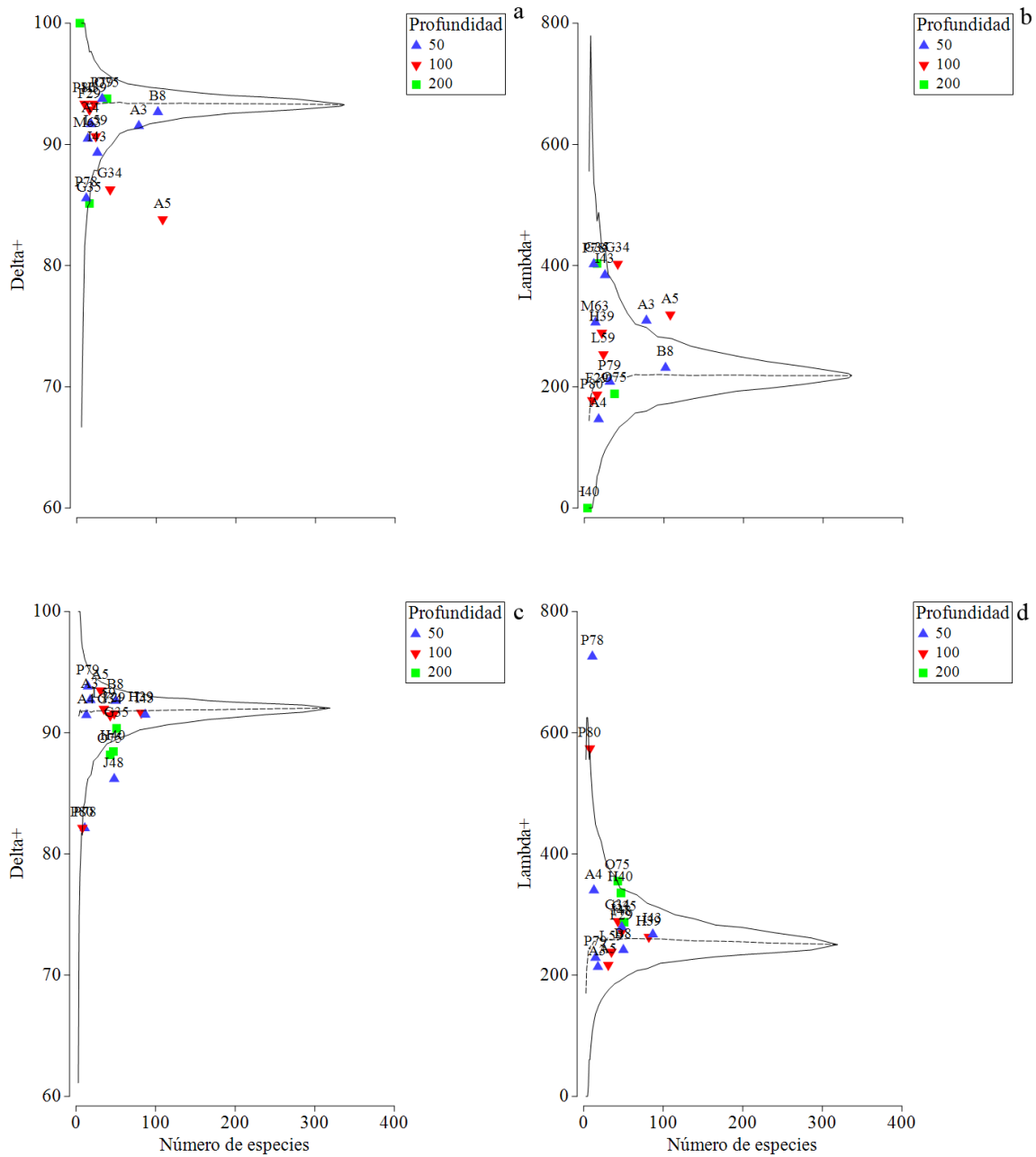


Figura 5.1. Distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$) y variación de la distintividad taxonómica promedio ($\Lambda+$), evaluadas durante los cruceros GOMEX IV (a-b) y GOMEX V (c-d), en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY).

5.3.1.2 Evaluación Perdido

La diversidad regional evaluada en el CPP durante septiembre de 2016 presentó promedios teóricos de 86.97 de $\Delta+$ y 425.47 de $\Lambda+$ (Figuras 5.2a-b). El valor más bajo de $\Delta+$ se observó en la estación D1, aunque se mantuvo dentro de límites de confianza al 95% aportados por el análisis (74.79; Figura 5.2a), mientras que el más elevado se observó en la estación F2 (87.62) y la estación C2 la más cercana al promedio. La variabilidad de la distancia taxonómica del crucero PII presentó una única estación por fuera de los límites de confianza (D1=724.67).

En el CPP el valor de $\Delta+$ calculado para la fauna capturada durante junio de 2017 fue de 86.76 y un valor de $\Lambda+$ igual a 430.40 (Figuras 5.2c-d). En términos de $\Delta+$ la estación C3 se distribuyó por fuera de la región delimitada por los límites de confianza para la fauna representativa del área, mientras que el valor más cercano al promedio teórico se registró en la estación D1 ($\Delta+$ =85.35). En términos de $\Lambda+$ fue diferente debido a que la estación C1 se distribuyó por fuera de los límites de confianza (Figuras 5.2c-d). Al igual que las medidas de distintividad de los MEPY, los índices calculados para el CPP no exhibieron diferencias entre evaluaciones (Mann-Whitney, $W=147$, $p=0.48$; t-student, $t=1.02$, $gl=10.69$, $p=0.32$, respectivamente).

El valor de diversidad regional para los MEPY obtenido a través de los índices $\Delta+$ y $\Lambda+$ fue de 92.52-236.45, obtenido a partir de 398 especies, el cual fue superior al registrado en el CPP (87.29-410.82), área que presentó un valor mucho más elevado de variación (Figuras 5.3a-b). Aunque la presente evaluación no se contó con información perteneciente al Golfo de Campeche, es posible establecer 92.34-243.91, como el valor de diversidad regional de las comunidades megabentónicas de la zona YUCPER y de la parte mexicana del GoM, obtenida a partir de 459 especies (Figuras 5.3a-b). En términos de diversidad regional fue posible observar diferencias entre áreas de estudio, siendo más elevados los valores en los MEPY que en el CPP (Figuras 5.3a-b).

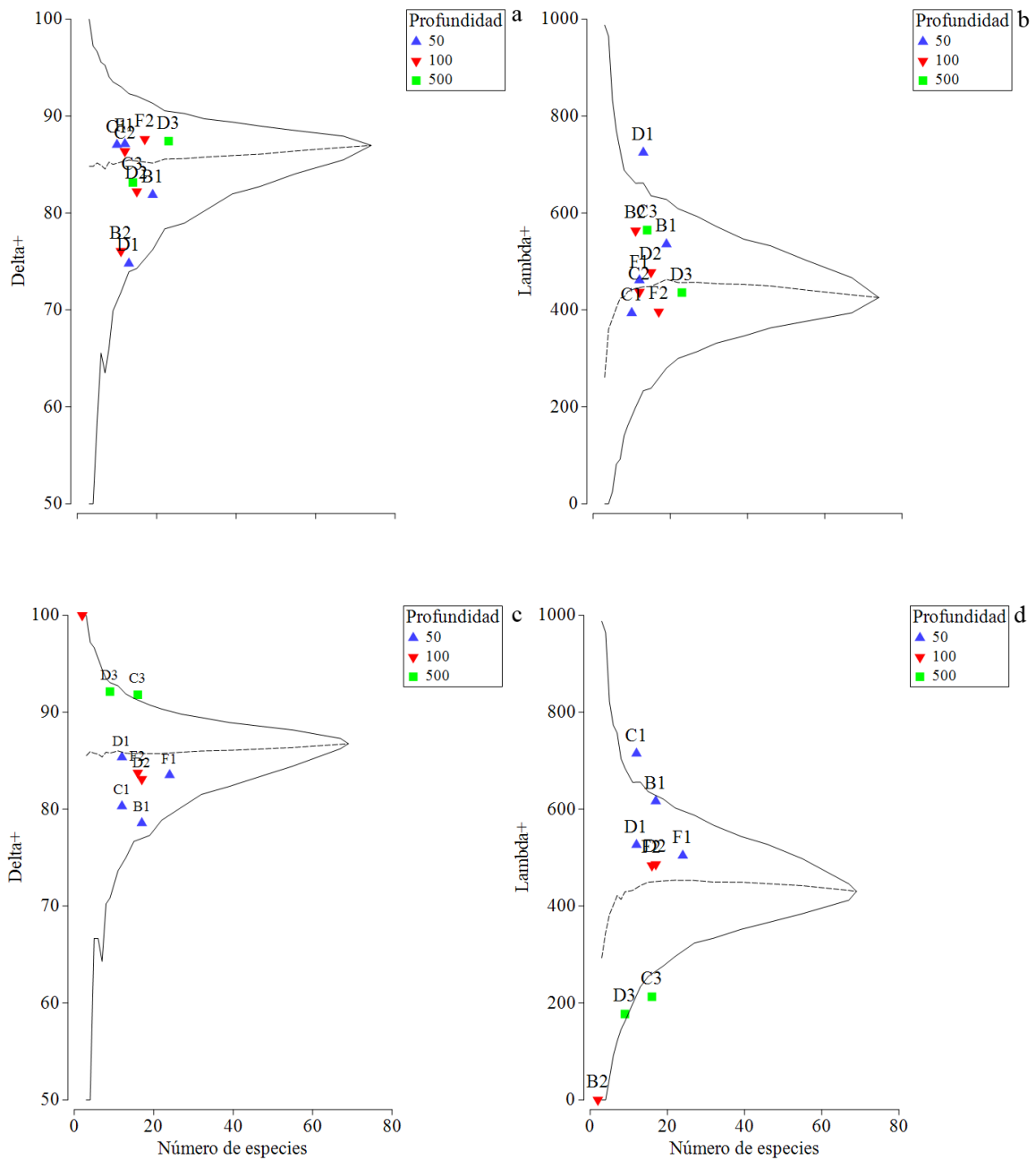


Figura 5.2. Distintividad taxonómica promedio (Δ^+) y variación de la distintividad taxonómica promedio (Λ^+), evaluadas durante los cruceros Perdido II (a-b) y Perdido III (c-d), en el Cinturón Plegado Perdido (CPP).

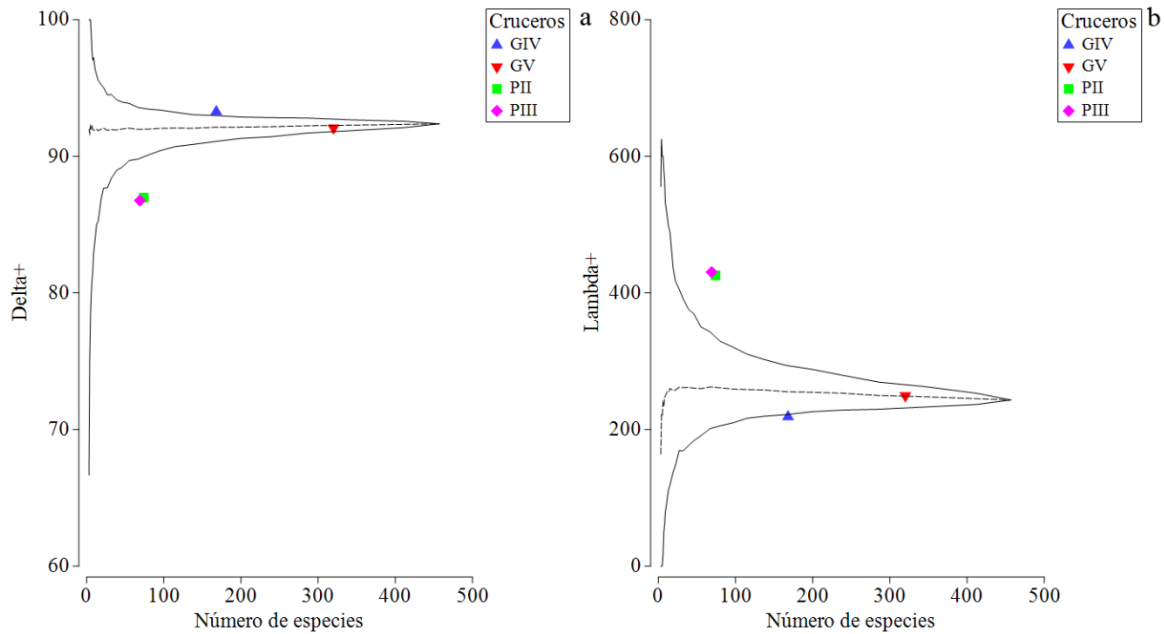


Figura 5.3. Distintividad taxonómica promedio (Δ^+) y variación de la distintividad taxonómica promedio (Λ^+), de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán y el cinturón Plegado Perdido (CPP), evaluados durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).

5.3.2 Relación entre los índices de distintividad promedio y las variables ambientales

5.3.2.1 Evaluación Gomex

Durante los cuatro cruceros oceanográficos fue posible establecer la ausencia de correlación entre los valores de los índices Δ^+ y Λ^+ con la riqueza de especies ($p > 0.05$), mientras que en todas las evaluaciones fue posible observar la relación inversa entre Δ^+ y Λ^+ .

Durante el crucero GV se registró un mayor número de relaciones directas entre los valores de Δ^+ y 7 compuestos alifáticos, 3 aromáticos policíclicos (antraceno, 1-metilfenantreno y el total de hidrocarburos) y la UCM; mientras que la relación con el Cd, el porcentaje de áreas y arenas medias fueron inversas. El índice Λ^+ exhibió un patrón inverso al observado por los valores de Δ^+ y relaciones inversas con el tamaño medio de grano, la mediana, los limos gruesos y el bezo(k)fluoranteno (Figura 5.4).

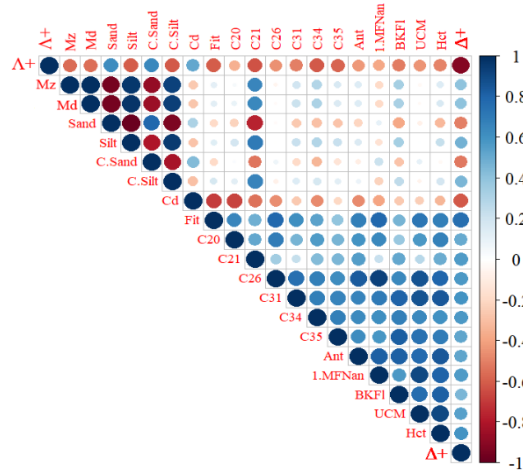


Figura 5.4. Análisis de correlación de Spearman entre índices de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$ y $\Lambda+$) y variables ambientales del crucero oceanográfico Gomex V (GV). Se presentan las relaciones con valores de rho superiores a 0.5.

5.3.2.2 Evaluación Perdido

Durante el crucero PII los valores de $\Delta+$ presentaron relaciones directas con las medidas porcentuales de carbono almacenado en el sedimento, e inversas con el n -C₂₅ y n -C₃₁ y el dibenzo(ah)antraceno (Figura 5.5a). Por su parte, en el crucero PIII los valores de $\Delta+$ presentaron relaciones directas con el n -C₃₈, e inversas con el n -C₁₉, pireno y criseno; mientras que los valores de $\Lambda+$ presentaron relaciones directas con la temperatura y el oxígeno de fondo, n -C₁₉ y n -C₃₂ y un conjunto de 11 hidrocarburos aromáticos policíclicos (Figura 5.5b).

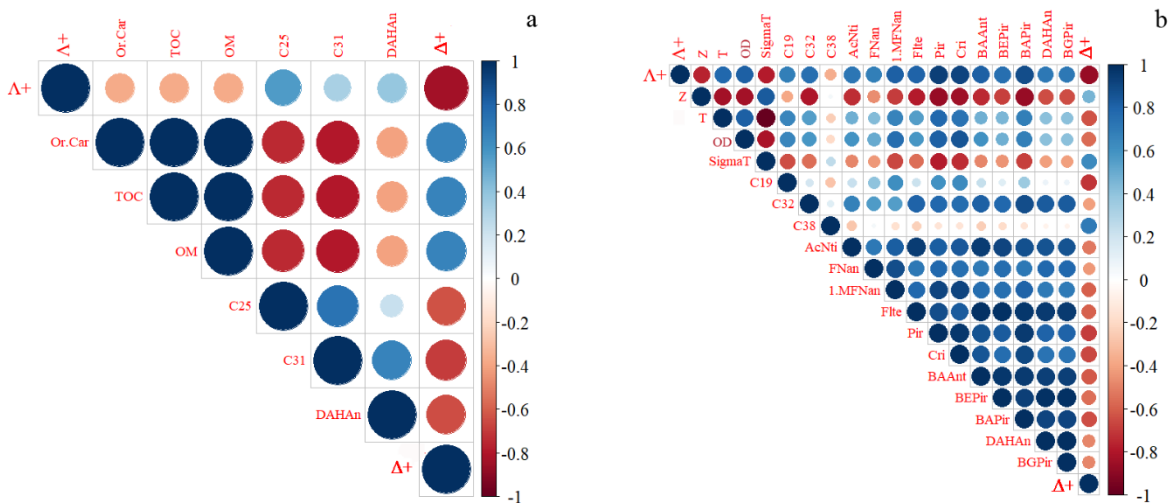


Figura 5.5. Análisis de correlación de Spearman entre los índices de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$ y $\Lambda+$) y variables ambientales de los cruceros oceanográficos Perdido II (PII, a) y Perdido III (PIII, b) Se presentan las relaciones con valores de rho superiores a 0.5.

5.3.3 Diversidad y redundancia funcional de dos regiones del Golfo de México

A pesar de las diferencias marcadas en términos de estructura de hábitat entre áreas de estudio, durante el presente estudio fue posible establecer como las modalidades más importantes el carácter epifaunal y distribución superficial sobre el suelo en las dos áreas evaluadas (Figuras 5.6a-b, 5.15a-b). Dado que la riqueza de especies tiene una influencia directa en la cantidad de rasgos funcionales y modalidades, no fue un resultado sorprendente la presencia de valores más elevados en los MEPY con respecto a los registrados en el CPP (Figuras 5.6a-b y 5.15a-b).

5.3.3.1 Evaluación Gomex

En los MEPY la fauna capturada en mayor medida presentó una elevada flexibilidad, talla mediana y volumen pequeño (Hi45, Me y VoSm, respectivamente); siendo menos importantes las modalidades de tamaño muy grande, volumen mediano y estar asociado a microalgas autótrofas (Figuras 5.6a-b).

Durante el crucero GIV se registraron en términos de presencia-ausencia 414 modalidades que al tener en cuenta el total de especies capturadas corresponden a un total de 2286; dicho valor puede considerarse bajo al ser comparado con los valores registrados en el crucero GV (P-A=490 y Total=5050). A nivel de modalidades se registró en los MEPY diferencias entre evaluaciones (Mann-Whitney, $Z=-3.26$, $p<0.001$).

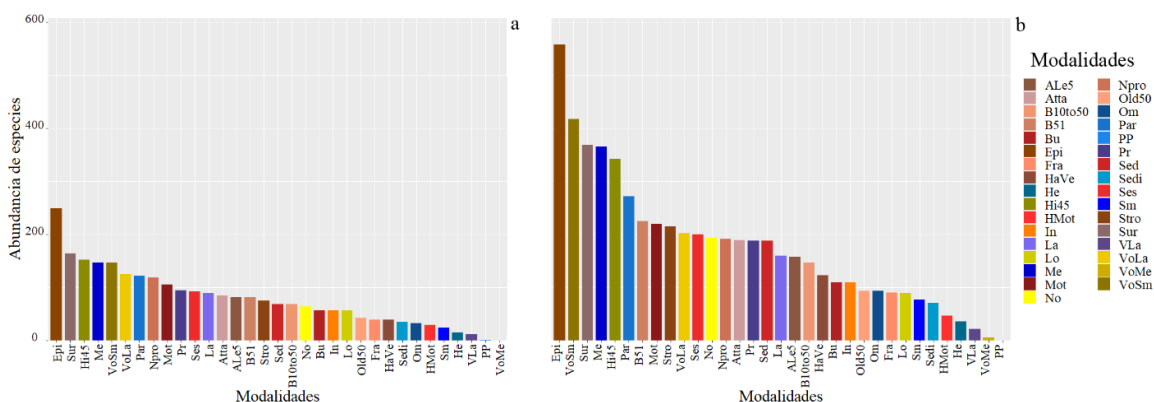


Figura 5.6. Abundancia de especies por modalidad. Se presentan los valores registrados de la megafauna capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) durante el crucero Gomex GIV (GIV, a) y Gomex V (GV, b).

Durante el crucero GIV fue posible registrar la elevada heterogeneidad funcional a lo largo de los MEPY; sin embargo, las estaciones con patrones particulares en los atributos comunitarios evaluados en capítulos anteriores exhibieron una baja heterogeneidad a este nivel Figuras 5.7a-i). Entre tanto, el crucero GV presentó diferencias con respecto a los registrados en la evaluación anterior (Figuras 5.8a-i).

En los MEPY los valores de diversidad funcional promedio en términos de abundancia durante el crucero GIV exhibieron un valor general de 0.48 ± 0.20 (Figura 5.9a), con un rango de fluctuación por estación entre 0.58 ± 0.15 y 0.29 ± 0.24 (en las estaciones A3 y P78, respectivamente). Durante este crucero el valor promedio de Q obtenido a partir de la biomasa fue de 0.47 ± 0.20 , registrando sus valores extremos en las estaciones A3 y P78 (0.67 ± 0.17 y 0.30 ± 0.23), con diferencias en el patrón de fluctuación en los valores intermedios (Figuras 5.9a).

Los valores de diversidad funcional del crucero GIV fueron más altos en los extremos de los MEPY (49.4%), con correlaciones negativas con los rasgos funcionales de longevidad, tamaño y la flexibilidad (Figuras 5.9a, 5.10a), mientras que el 21.6% de la variación resultó de diferencias funcionales registradas en estaciones del sector central, donde la posición y el nivel trófico exhibieron patrones contrarios (Figura 5.10a).

En términos de biomasa, las estaciones del oeste de los MEPY, junto a la O75 y L59 aportaron en mayor medida el 46.5% de variación, las cuales exhibieron relaciones directas con la longevidad, tamaño y flexibilidad. Entre tanto, las estaciones centrales con mayor diversidad funcional debida a fragilidad y el nivel trófico aportaron el 24% de la variación (Figuras 5.9b, 5.10b).

Durante el crucero GV los valores calculados fueron superiores a los registrados en la evaluación anterior; siendo 0.55 ± 0.17 el valor de diversidad funcional general, 0.60 ± 0.15 el más alto por estación y 0.47 ± 0.20 el más bajo (F29 y P80, respectivamente; Figura 5.11a). En términos de biomasa el valor general fue de 0.54 ± 0.17 , el más elevado se registró en la estación F29 y el más bajo la estación P78 (0.59 ± 0.16 y 0.46 ± 0.20 respectivamente; Figura 5.11a).

En los MEPY durante la segunda campaña la longevidad, fragilidad, hábitat y tamaño aportaron el 51.1% de variabilidad, en un patrón de contribución heterogéneo (Figura 5.12a), mientras que

el volumen, la locomoción y el nivel trófico de la comunidad fueron responsables del 24.7% de la variación resultante de contribuciones en estaciones de los tres sectores (Figura 5.12a).

En términos de biomasa la longevidad, el tamaño, la fragilidad el hábitat y posición sobre el sedimento fueron los rasgos funcionales responsables del 47.8% de la varianza (Figura 5.12b); mientras que estaciones localizadas al oeste aportaron mayor variabilidad debida a la locomoción y el nivel trófico (26.7%; Figura 5.12b).

Las medidas de diversidad funcional en los MEPY calculadas a partir de los valores de abundancia y biomasa no presentaron diferencias en la comunidad evaluada durante el crucero GIV (Mann-Whitney, $W=146$, $p=0.51$), patrón que fue consistente con los valores de la fauna capturada durante el crucero GV (Mann-Whitney, $W=143$, $p=0.59$). Entre evaluaciones, los MEPY exhibieron diferencias interanuales en términos de abundancia y biomasa (Mann-Whitney, $W=51$, $p<0.01$; Mann-Whitney, $W=40$, $p<0.001$).

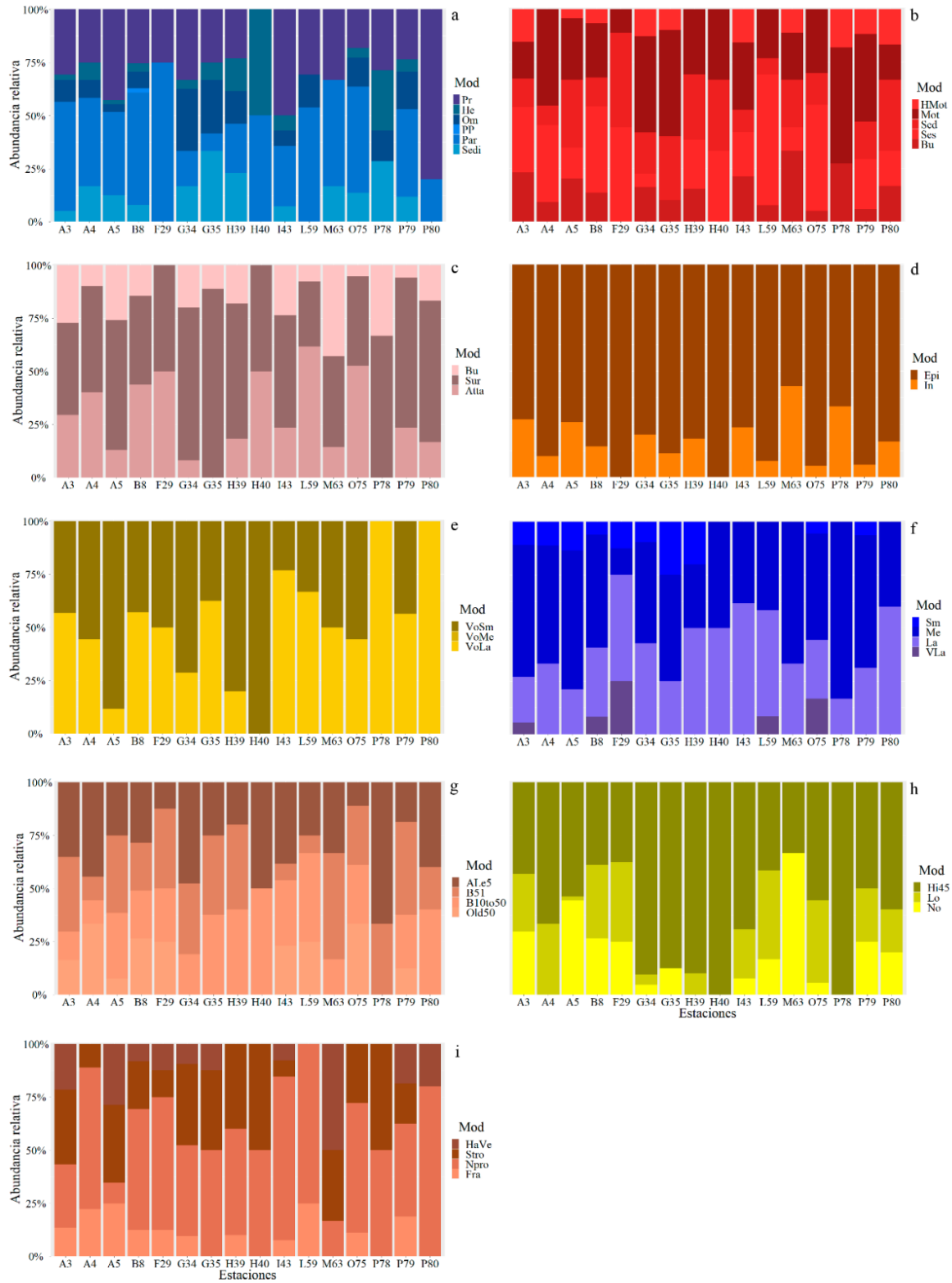


Figura 5.7. Abundancia relativa de modalidades al interior de cada rasgo funcional asignados para la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). a. Nivel trófico, b. Locomoción, c. Hábitat, d. Posición, e. Volumen, f. Tamaño, g. Longevidad, h. Flexibilidad, i. Protección. Los códigos de cada modalidad se encuentran en la Tabla 5.1.

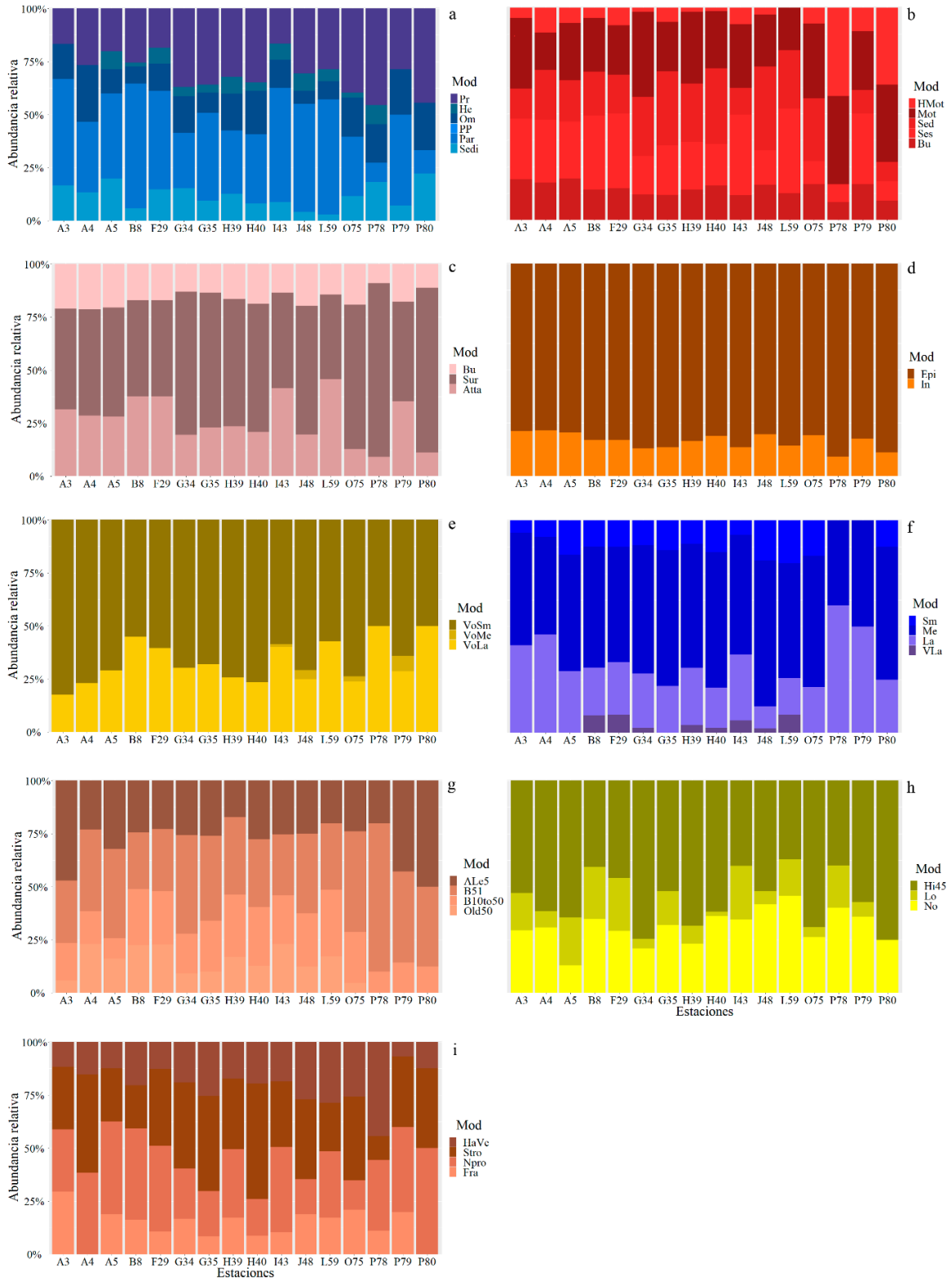


Figura 5.8. Abundancia relativa de modalidades al interior de cada rasgo funcional asignados para la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). a. Nivel trófico, b. Locomoción, c. Hábitat, d. Posición, e. Volumen, f. Tamaño, g. Longevidad, h. Flexibilidad, i. Protección. Los códigos de cada modalidad se encuentran en la Tabla 5.1.

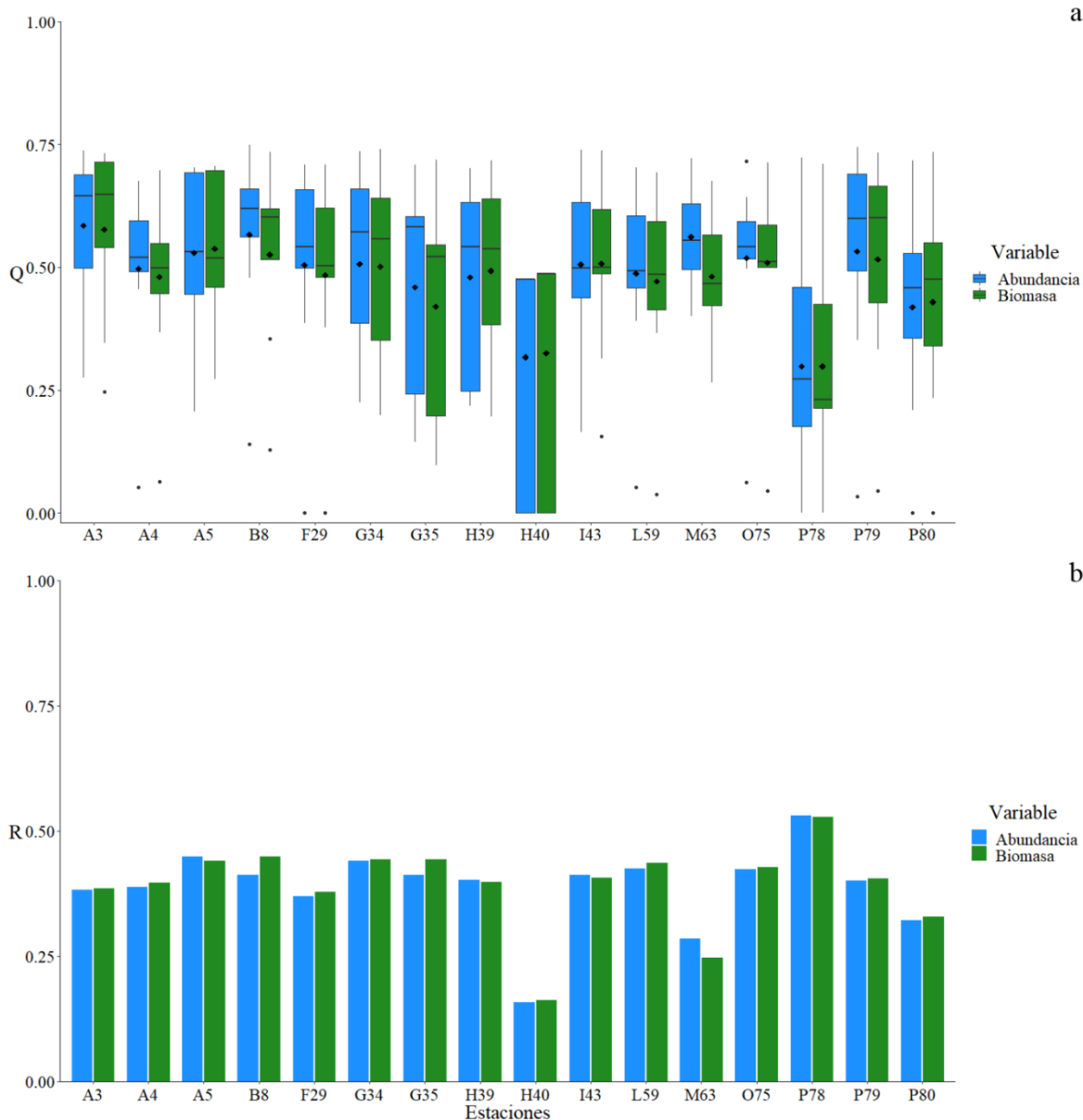


Figura 5.9. Diversidad y redundancia funcional promedio calculadas en términos de abundancia (azul) y biomasa (verde) para la megafauna capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV), a. Valores de diversidad funcional promedio, b. Valores de redundancia funcional.

La redundancia funcional general en los MEPY durante el crucero GIV fue mayor en términos de abundancia que la calculada a partir de la biomasa (0.19 y 0.24, respectivamente; Figuras 5.9b, 5.13a-b). A nivel de estación el valor más elevado de redundancia funcional se registró al oeste de los MEPY (P78=0.53) y en la estación H40 el más bajo (0.16).

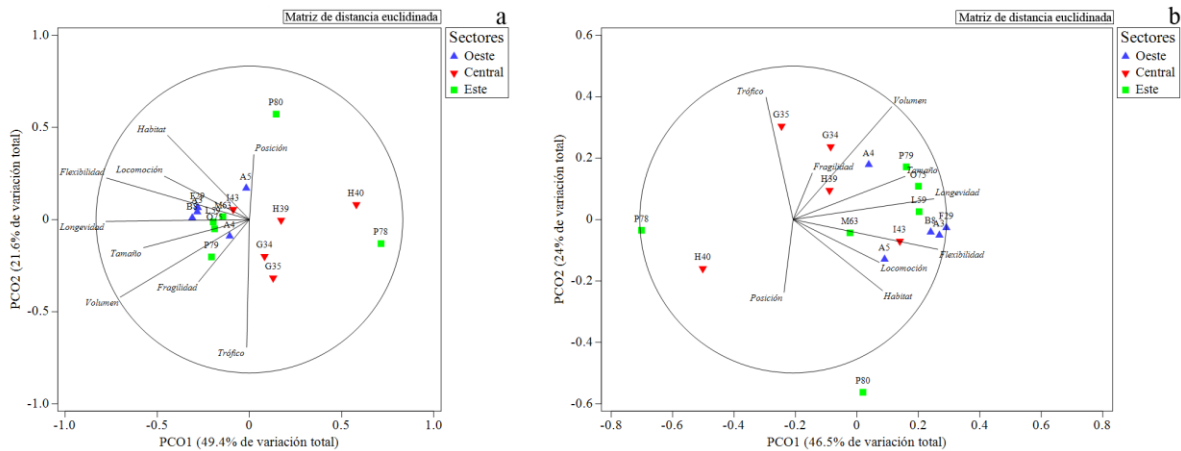


Figura 5.10. Análisis de coordenadas principales realizado a partir de la matriz de rasgos ponderados de la fauna capturada durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). Análisis realizado a partir de la abundancia (a), análisis realizado con los valores de biomasa (b).

Durante el crucero GV los valores generales de redundancia funcional exhibieron un patrón contrario al registrado en la evaluación anterior, siendo menor en términos de abundancia, mientras que en términos de biomasa se observó el mismo valor (0.31 y 0.24, respectivamente). Los valores máximos y mínimos obtenidos a partir de la abundancia fluctuaron entre 0.44 y 0.35 (estaciones G34 y A4, respectivamente), mientras que en términos de biomasa el valor más elevado fue registrado en la estación H40 y el más bajo en la A4 (0.44 y 0.35, respectivamente; Figuras 5.11b y 5.14a-b).

Los valores de redundancia funcional durante el crucero GIV no presentaron diferencias en términos de abundancia y biomasa (Mann-Whitney, $W=118$, $p=0.72$); patrón generalizado en el área evaluada, dado la ausencia de diferencias se registró con los datos obtenidos durante el crucero GV (t-student, $t=0.02$, $gl=29.82$, $p=0.98$). En los MEPY la redundancia funcional presentó patrones de fluctuación diferentes a los de la diversidad funcional ya que no se presentaron diferencias interanuales en términos de abundancia y biomasa (Mann-Whitney, $W=122$, $p=0.83$; Mann-Whitney, $W=141$, $p=0.64$).

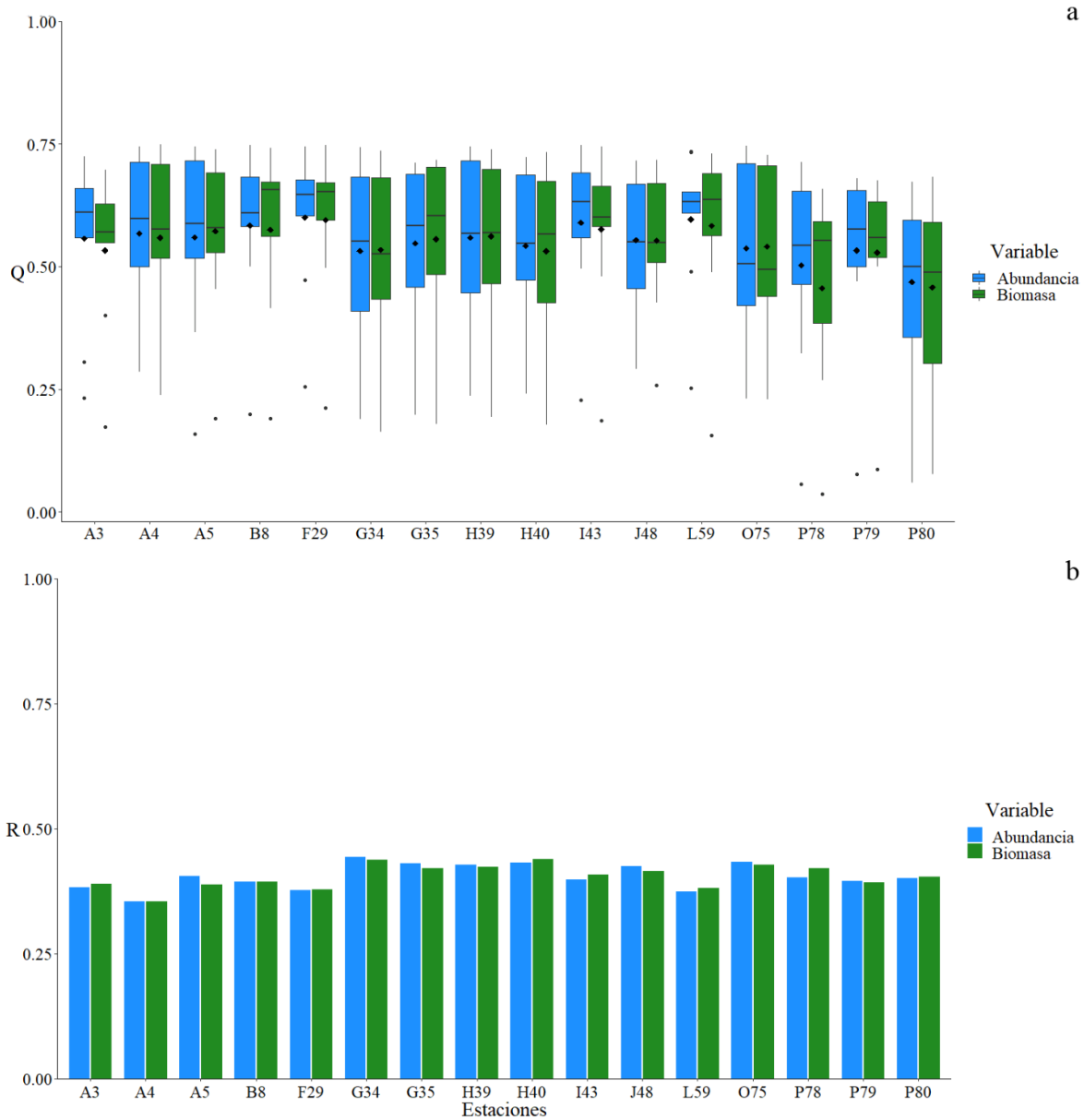


Figura 5.11. Diversidad y redundancia funcional promedio calculadas en términos de abundancia (azul) y biomasa (verde) para la megafauna capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV), a. Valores de diversidad funcional promedio, b. Valores de redundancia funcional.

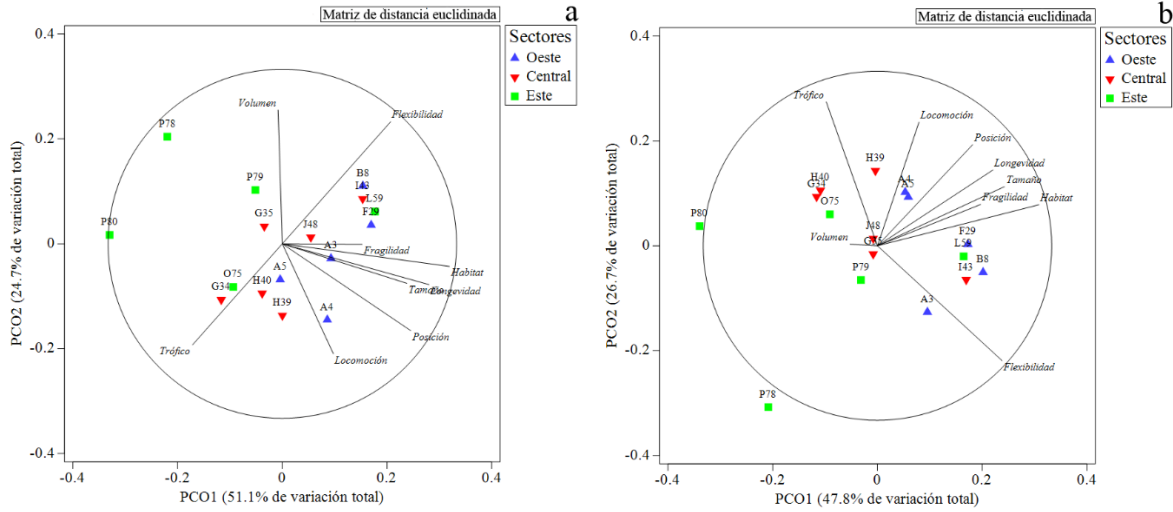


Figura 5.12. Análisis de coordenadas principales realizado a partir de la matriz de rasgos ponderados de la fauna capturada durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). Análisis realizado a partir de la abundancia (a), análisis realizado con los valores de biomasa (b).

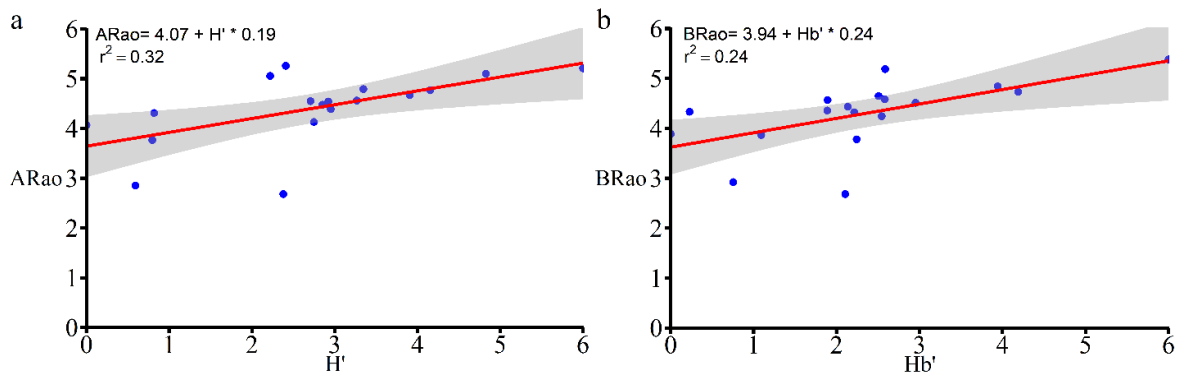


Figura 5.13. Relación entre la diversidad funcional y la diversidad local de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV), a. Relación en términos de abundancia, b. Relación en términos de biomasa.

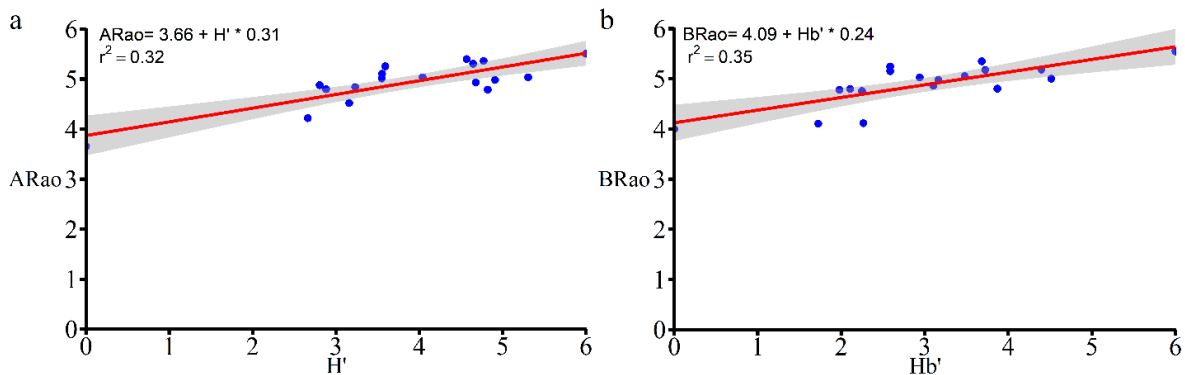


Figura 5.14. Relación entre la diversidad funcional y la diversidad local de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Gomex V (GV), a. Relación en términos de abundancia, b. Relación en términos de biomasa.

5.3.3.2 Evaluación Perdido

En el CPP la fauna capturada se caracterizó por ser epifaunal y distribuirse sobre el sedimento (Epi y Sur), presentando también volúmenes grandes y pequeños (VoLa, VoSm), ser muy flexibles y exhibir tallas medianas (Hi45, Me). En esta zona terrígena las especies poco flexibles de volúmenes medianos o de talla muy grande fueron escasas, mientras que las asociadas con autótrofos estuvieron ausentes (Lo, VoMe, VL a y PP; Figuras 5.15a-b).

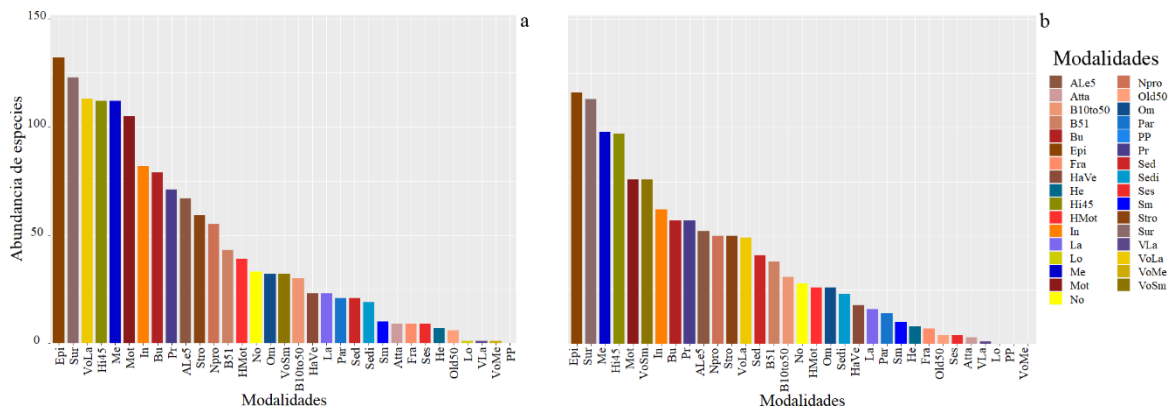


Figura 5.15. Abundancia de especies por modalidad. Se presentan los valores registrados de la megafauna capturada en el Cinturón Plegado Perdido (CPP) durante el crucero Perdido II (PIL, a) y Perdido III (PIII, b).

Las evaluaciones realizadas en el CPP no registraron diferencias evidentes en los valores de abundancia entre campañas, dado que exhibieron valores de riqueza cercanos. Sin embargo, el cambio en el número de especies que presentaron volumen grande y diferencias en los valores entre modalidades, originaron diferencias entre evaluaciones (Mann-Whitney, $Z=3.18$, $p < 0.01$).

En el CPP durante el crucero PII se presentó una disminución en las modalidades con respecto a los registrados en los MEPEY, debido a la menor cantidad de phyla presente en el área, con menor heterogeneidad en una estación somera y las estaciones profundas durante la primera campaña (D1, C3 y D3; Figuras 5.16a-i), mientras que en el crucero PIII se registró un aumento en las modalidades de dichas áreas (Figura 5.17a-i).

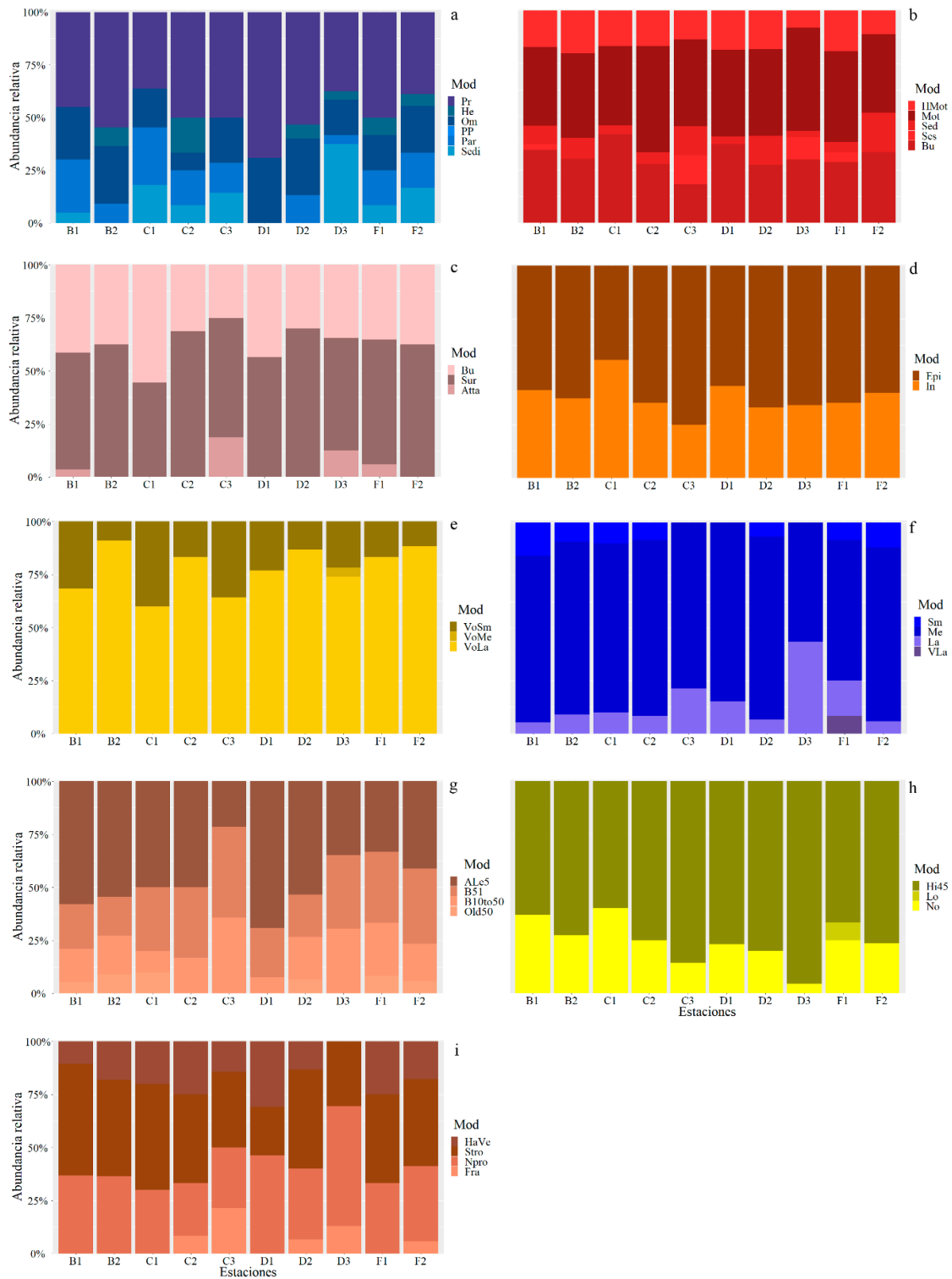


Figura 5.16. Abundancia relativa de modalidades al interior de cada rasgo funcional asignados para la megafauna bentónica capturada en el Cinturón plegado Perdido (CPP), durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII). a. Nivel trófico, b. Locomoción, c. Hábitat, d. Posición, e. Volumen, f. Tamaño, g. Longevidad, h. Flexibilidad, i. Protección. Los códigos de cada modalidad se encuentran en la tabla 5.1.

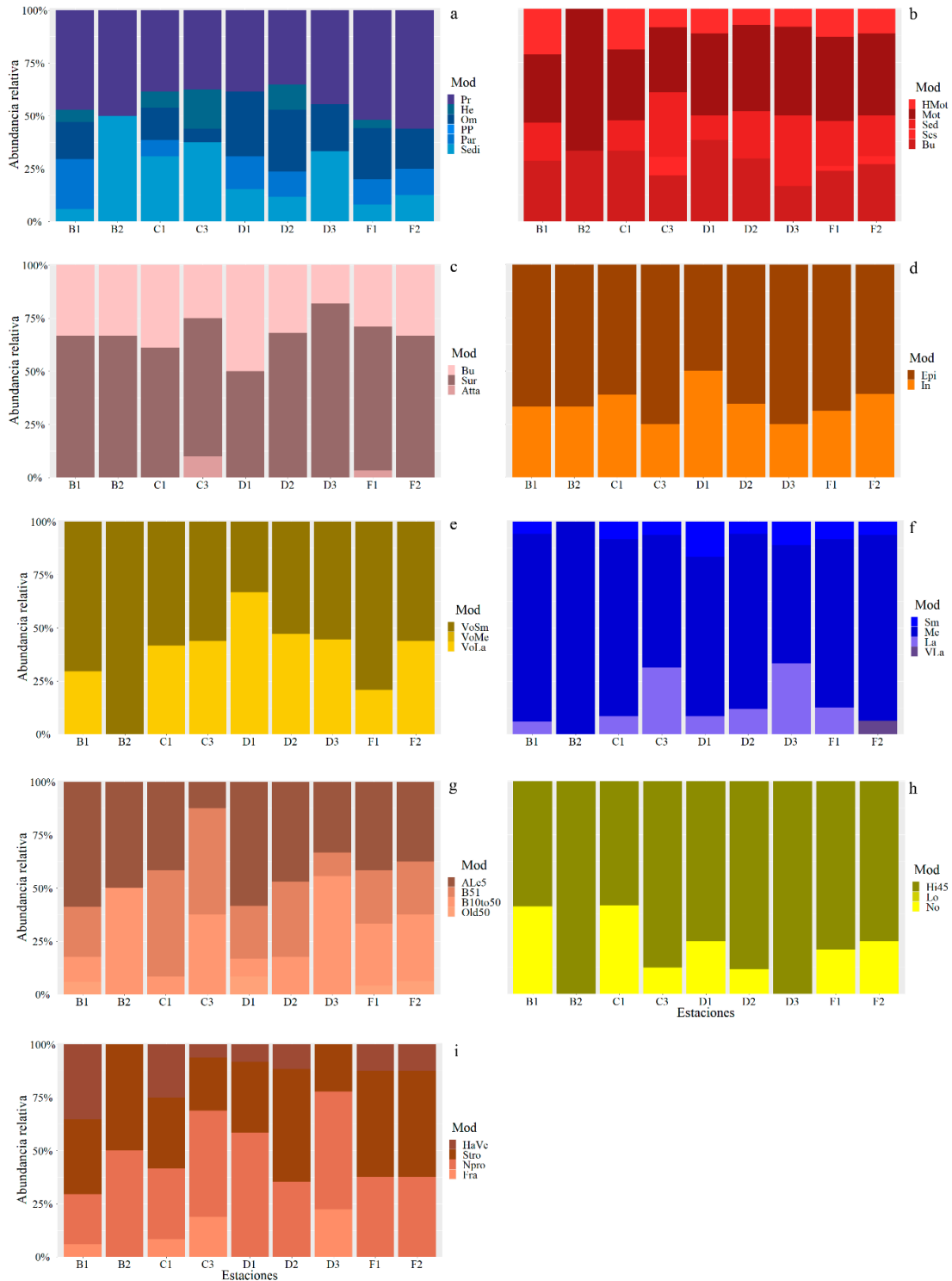


Figura 5.17. Abundancia relativa de modalidades al interior de cada rasgo funcional asignados para la megafauna bentónica capturada en el Cinturón plegado Perdido (CPP), durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII). a. Nivel trófico, b. Locomoción, c. Hábitat, d. Posición, e. Volumen, f. Tamaño, g. Longevidad, h. Flexibilidad, i. Protección. Los códigos de cada modalidad se encuentran en la Tabla 5.1.

En el CPP durante el crucero PII, se registraron valores regionales de diversidad funcional promedio de 0.46 ± 0.20 y 0.45 ± 0.21 , en términos de abundancia y biomasa respectivamente. Los valores promedio por estación en términos de abundancia fluctuaron entre 0.52 ± 0.14 y 0.39 ± 0.15 , siendo ambos registrados en la zona de plataforma continental (estaciones F1 y D1, respectivamente; Figura 5.18a); patrón que fue consistente en los valores calculados a partir de la biomasa al ser registrados en las mismas estaciones ($F1=0.53 \pm 0.16$ y $D1=0.39 \pm 0.15$; Figura 5.18a).

En términos de abundancia, el 47.8% de la variación de la fauna capturada en el crucero PII se registró en estaciones de la plataforma, exhibiendo relaciones inversas con los rasgos funcionales que presentaron los valores más elevados en la zona profunda (Figura 5.19a); mientras que la posición de los organismos en el sedimento y su longevidad fueron el aspecto funcional que exhibió relaciones directas con el 21% de la variación registrada en estaciones de la plataforma continental (Figura 5.19a).

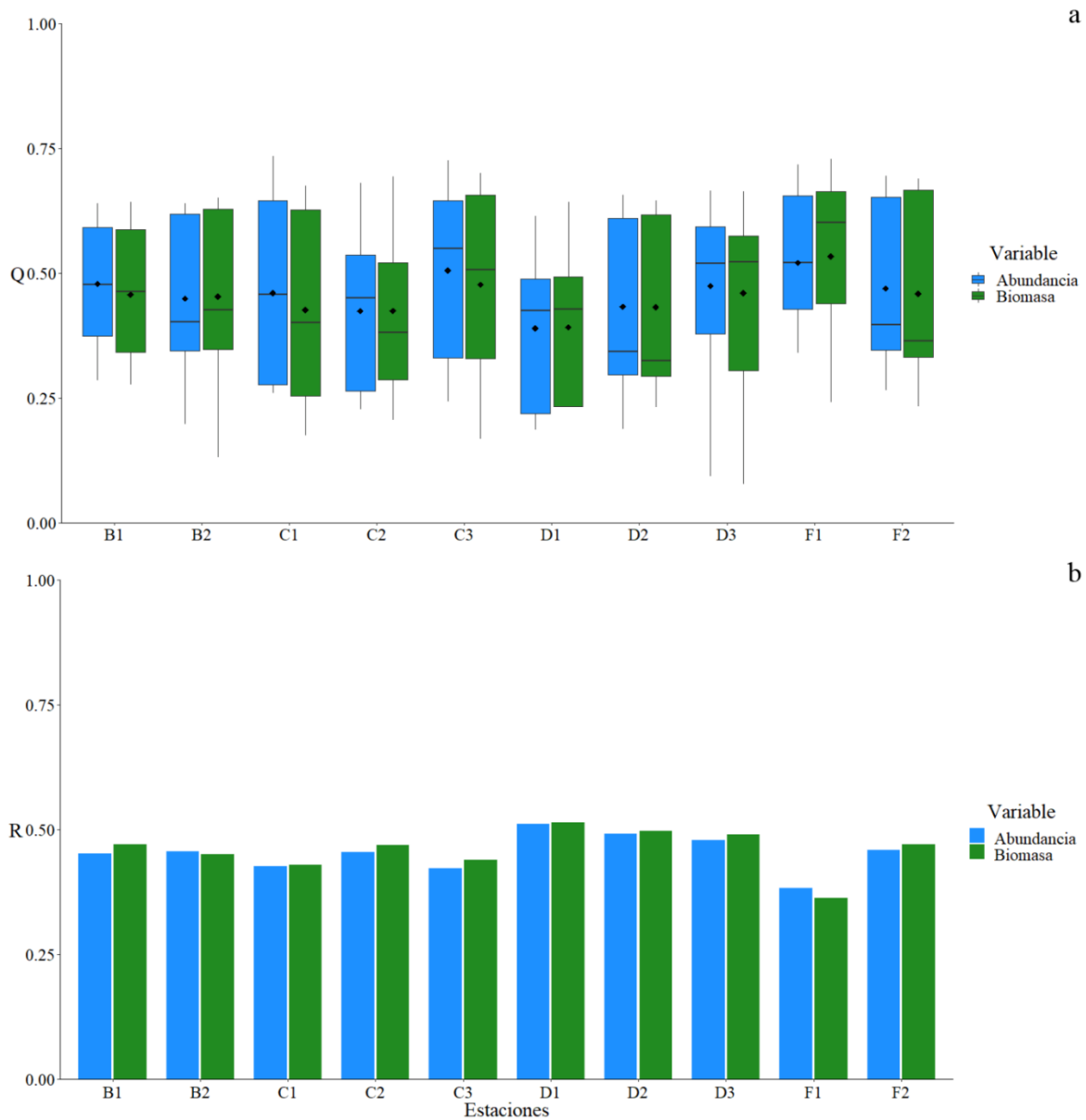
En términos de biomasa, la fragilidad y flexibilidad fueron el aspecto de la diversidad funcional que más aportó en las estaciones localizadas en la plataforma continental, siendo inversa su relación con la diversidad en términos de tamaño, locomoción y hábitat (51.5%); mientras que las estaciones localizadas en la zona intermedia junto a la F1 aportaron el 25.3% de la variación, donde aspectos como la posición de los organismos en el sedimento, longevidad y flexibilidad exhibieron relación directa, siendo los más importantes (Figura 5.19b)

La segunda campaña realizada en el CPP presentó valores generales de diversidad funcional promedio inferiores a los registrados durante el crucero PII, siendo el valor calculado a partir de la abundancia 0.43 ± 0.23 y 0.41 ± 0.23 el obtenido en términos de biomasa. Los valores promedio por estación fluctuaron entre 0.51 ± 0.18 en la estación C3 y el más bajo se registró en la estación B2 (0.18 ± 0.20); siendo a su vez, dichas áreas las que presentaron los valores máximos y mínimos obtenidos a partir de la biomasa 0.49 ± 0.18 y 0.18 ± 0.19 (Figuras 5.20a).

En términos de abundancia, en el crucero PIII el 58.6% de la variación fue aportada por las estaciones de la zona profunda, las cuales presentaron mayor diversidad funcional en términos de tamaño, mientras que presentaron valores bajos de flexibilidad, siendo este rasgo funcional

correlacionado negativamente (Figura 5.21a); mientras que en mayor medida el 20.6% de la variabilidad fue debida a los valores obtenidos por los rasgos funcionales de hábitat, longevidad y locomoción de las estaciones C3 y F2 (Figura 5.21a).

Figura 5.18. Diversidad y redundancia funcional promedio calculadas en términos de abundancia (azul) y biomasa

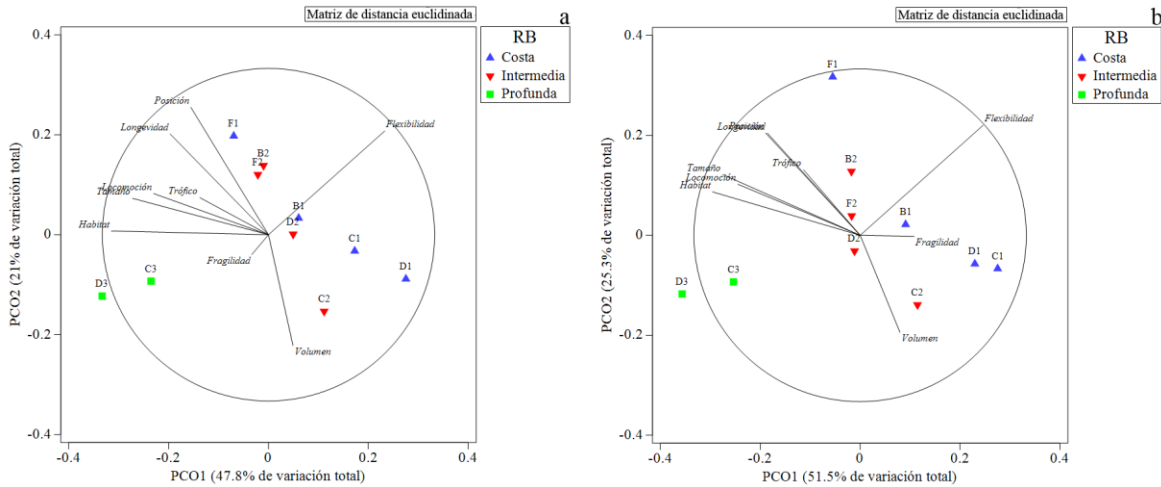


(verde) para la megafauna capturada en Cinturón Plegado Perdido (CPP) durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII), a. Valores de diversidad funcional promedio, b. Valores de redundancia funcional.

En términos de biomasa el 65.8% de la variación fue aportado por las estaciones costeras y profundas, con valores altos de diversidad debida al tamaño; mientras que el 21.2% fue aportado

en mayor medida por las estaciones profundas y las ubicadas en el transecto F, quienes exhibieron contribuciones elevadas en términos de hábitat, longevidad y locomoción (Figura 5.21b).

Figura 5.19. Análisis de coordenadas principales realizado a partir de la matriz de rasgos ponderados de la fauna capturada durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII). Análisis realizado a partir de la abundancia (a),



análisis realizado con los valores de biomasa (b).

El CPP no exhibió diferencias en las medidas de diversidad funcional obtenidas a partir de la abundancia y biomasa durante el crucero PII (t-student, $t=0.53$, $gl= 17.99$, $p=0.59$), patrón que se repitió en la segunda campaña realizada en dicha área (Mann-Whitney, $W=51$, $p=0.38$). Entre evaluaciones posible identificar la presencia de patrones similares siendo ausentes las diferentes interanuales en términos de abundancia y biomasa (Mann-Whitney, $W=52$, $p=0.60$; Mann-Whitney, $W=53$, $p=0.55$).

La redundancia funcional durante el crucero PII fue mucho más alta en términos de abundancia con respecto a la calculada a partir de la biomasa (0.09 y 0.24; Figuras 5.18b, 5.20b, 5.21b y 5.22a-b). Los valores máximos y mínimos obtenidos a partir de la abundancia fluctuaron al interior de estaciones costeras 0.51 y 0.38 (D1 y F1, respectivamente), siendo idéntico patrón registrado en términos de biomasa (0.51 y 0.36).

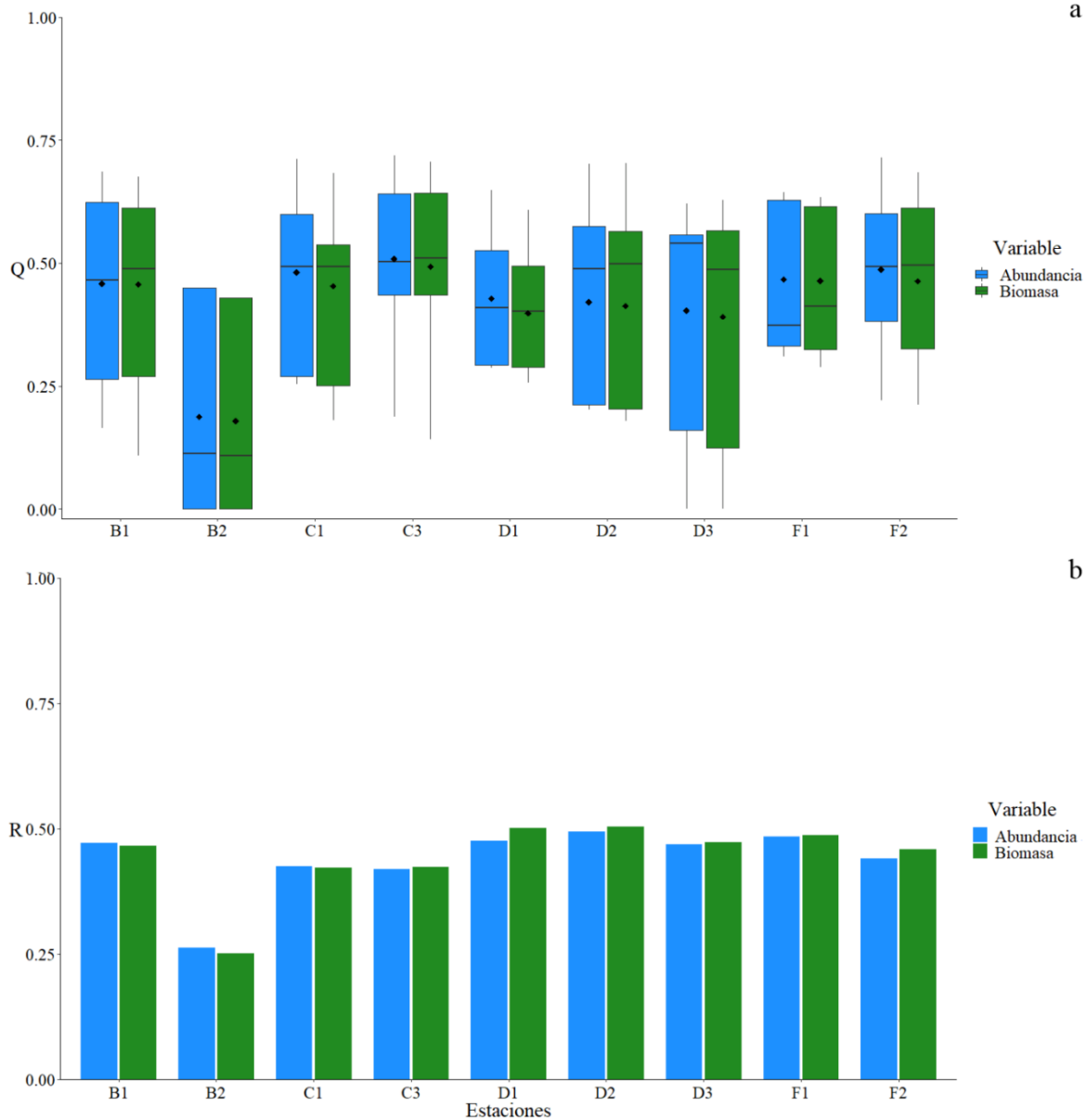


Figura 5.20. Diversidad y redundancia funcional promedio calculadas en términos de abundancia (azul) y biomasa (verde) para la megafauna capturada en Cinturón Plegado Perdido (CPP) durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII), a. Valores de diversidad funcional promedio, b. Valores de redundancia funcional.

Al igual que en el crucero PII, la redundancia funcional del crucero PIII fue mayor en términos de abundancia; sin embargo, la fauna evaluada durante el segundo crucero fue menos redundante funcionalmente con respecto a la capturada en el crucero PII (0.82 y 1.13, respectivamente; Figuras 5.20b y 5.23a-b). Los valores por estación fluctuaron entre 0.49 en la estación D2 y 0.26 en la B2; en dichas áreas los valores calculados a partir de la biomasa fluctuaron entre 0.50 y 0.25.

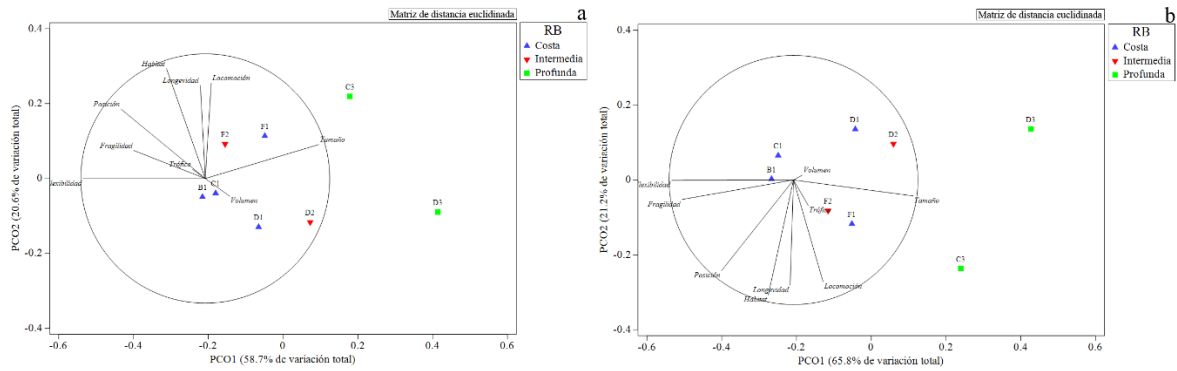


Figura 5.21. Análisis de coordenadas principales realizado a partir de la matriz de rasgos ponderados de la fauna capturada durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII). Análisis realizado a partir de la abundancia (a), análisis realizado con los valores de biomasa (b). El factor RB se refiere a rango batimétrico.

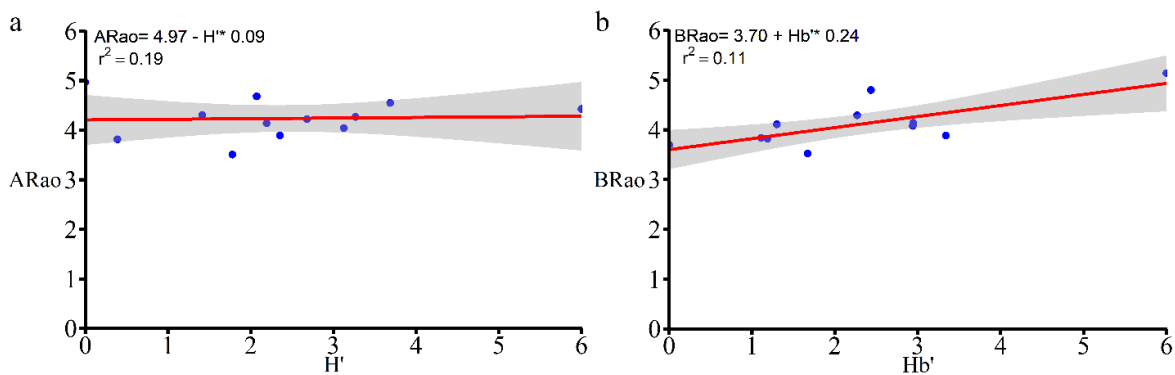


Figura 5.22. Relación entre la diversidad funcional y la diversidad local de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Perdido II (PII), a. Relación en términos de abundancia, b. Relación en términos de biomasa.

Las medidas de redundancia funcional evaluadas en términos de abundancia y biomasa en el CPP presentaron patrones similares al interior de cada evaluación (PII, t-student, $t=0.53$, $gl=17.99$, $p=0.60$; Mann-Whitney, $W=51$, $p=0.38$). Patrón que fue consistente al interior del área evaluada, dado que no fueron registradas diferencias interanuales (Mann-Whitney, $W=51$, $p=0.38$; Mann-Whitney, $W=37$, $p=0.79$).

Entre los MEPY y el CPP se observaron diferencias en las medidas de diversidad funcional en términos de abundancia y biomasa (Mann-Whitney, $W=515$, $p < 0.001$; Mann-Whitney, $W=512$, $p < 0.001$), al igual que en términos de redundancia funcional medida a partir dichas variables (Mann-Whitney, $W=110$, $p < 0.001$; $W=105$, $p < 0.001$, respectivamente).

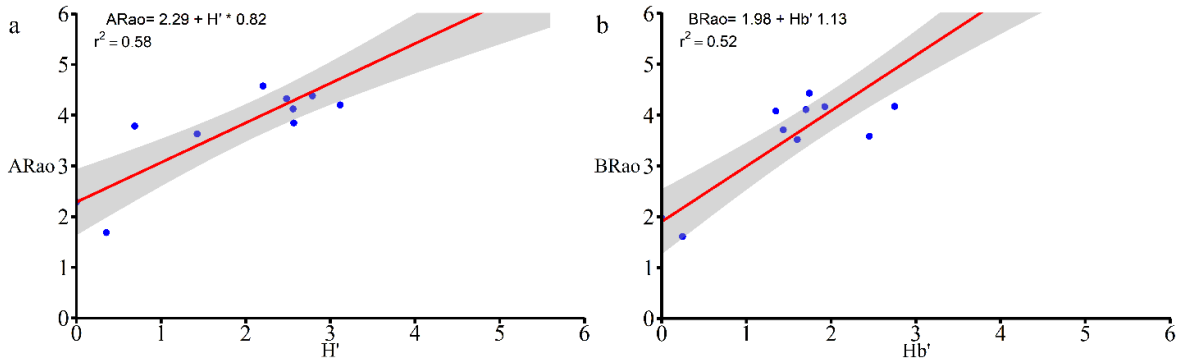


Figura 5.23. Relación entre la diversidad funcional y la diversidad local de la megafauna capturada en el crucero oceanográfico Perdido III (PIII), a. Relación en términos de abundancia, b. Relación en términos de biomasa.

5.3.4 Relación entre las modalidades y los índices de diversidad y redundancia funcional con las variables ambientales.

5.3.4.1 Evaluación Gomex

La prueba BIOENV permitió establecer que las modalidades en términos de abundancia de la fauna capturada en el crucero GV, fueron influenciadas en mayor medida por la concentración de *n*-C₁₆ ($\rho=0.94$); mientras que en términos de biomasa la concentración de 2.6-dimetilnaftaleno, fluoranteno, porcentaje de gravas y las concentraciones de *n*-C₁₀ y *n*-C₂₃ fueron las variables con mayor influencia en la fauna capturada durante la segunda campaña de los MEPY (BIOENV, $\rho=0.83$).

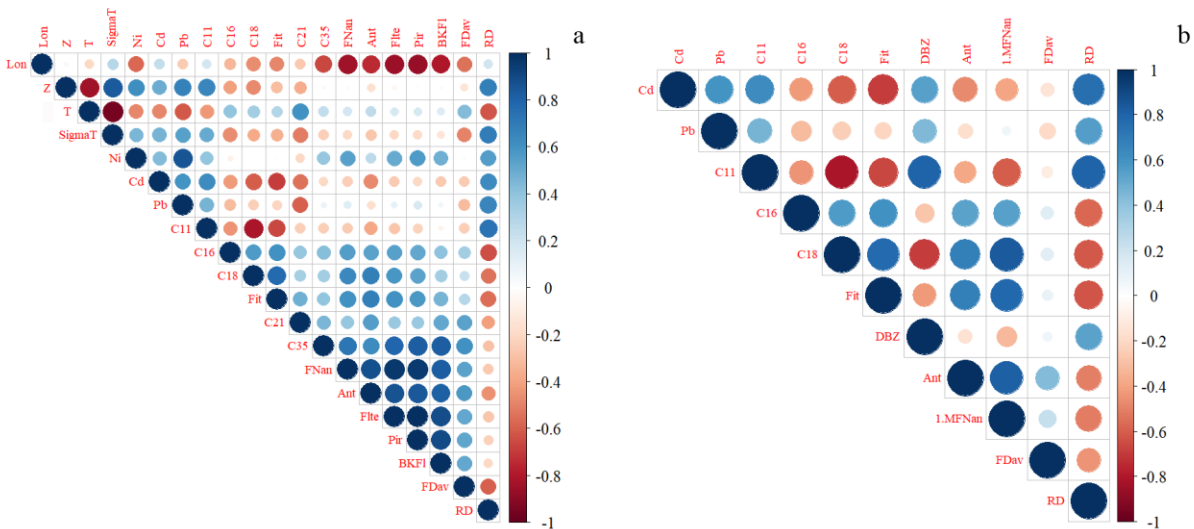


Figura 5.24. Análisis de correlación de Spearman entre índices de diversidad funcional promedio y redundancia funcional (FDav y RD) y las variables ambientales calculados a partir de los valores de abundancia (a), y biomasa (b), de la megafauna capturada durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). Se presentan únicamente las relaciones con valores de rho mayores a 0.5.

En términos de abundancia la diversidad funcional presentó relaciones directas con hidrocarburos alifáticos y aromáticos (Figura 5.24a), siendo una excepción a dicho patrón la relación inversa exhibida con la longitud, mientras que fue inversa la relación de dichas variables al evaluar la correlación en términos de biomasa (Figura 5.24b).

La redundancia funcional calculada a partir de la abundancia exhibió relaciones directas con la temperatura de fondo y la densidad del agua de fondo, los metales Ni, Cd, Pb y el fitano; mientras que su relación fue inversa con el *n*-C₁₆. En términos de biomasa los valores de redundancia funcional exhibieron relaciones directas con la profundidad, la densidad de fondo y los metales Cd y Pb; mientras que fueron inversas las relaciones exhibidas con hidrocarburos alifáticos y aromáticos (Figuras 5.24a-b).

5.3.4.2 Evaluación Perdido

En el CPP la concentración de fluoranteno, la salinidad y la profundidad fueron las variables que más influenciaron las modalidades en términos de abundancia durante el crucero PII (BIOENV, $\rho=0.89$); entre tanto, las modalidades evaluadas a partir de la biomasa de la comunidad fueron influenciados por las concentraciones de cadmio, aluminio, *n*-C₁₁ y *n*-C₁₂ (BIOENV, $\rho=1.00$). Durante la segunda campaña del CPP en términos de abundancia y biomasa las modalidades de la fauna fueron influenciados por los porcentajes de limos y carbono orgánico de acuerdo con los valores rho aportados por la prueba BIOENV ($\rho=0.60$ y $\rho=0.57$).

Las medidas diversidad funcional evaluadas durante el crucero PII, exhibieron únicamente en términos de biomasa relaciones inversas con el *n*-C₃₁, el perileno y benzo(ghi)pireno. La redundancia funcional exhibió relación directa con el *n*-C₁₇ y el pristano al ser evaluada a partir de la abundancia; mientras que en términos de biomasa un conjunto de 7 compuestos alifáticos y 4 compuestos aromáticos (Figuras 5.25a-b).

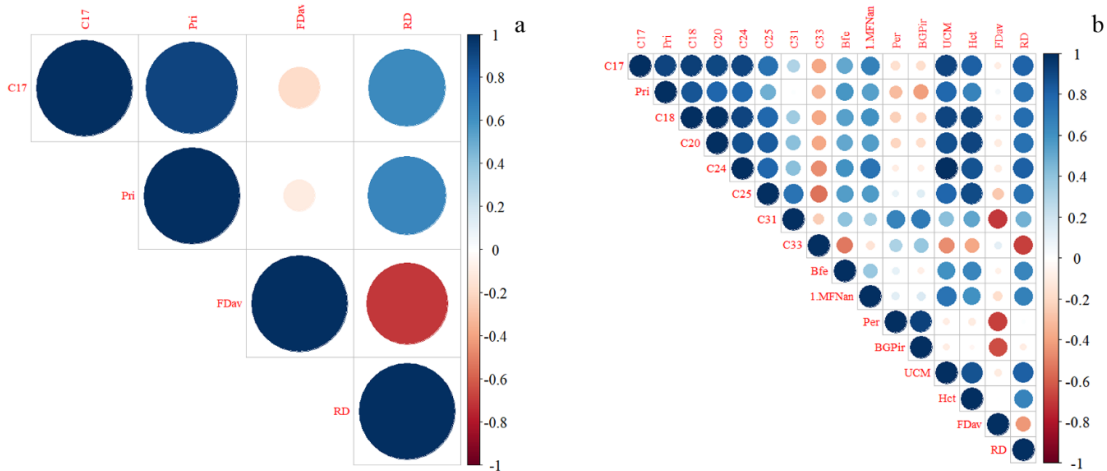


Figura 5.25. Análisis de correlación de Spearman entre índices de diversidad funcional promedio y redundancia funcional (FDav y RD) y las variables ambientales calculados a partir de los valores de abundancia (a), y biomasa (b), de la megafauna capturada durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII). Se presentan únicamente las relaciones con valores de rho mayores a 0.5.

Durante el crucero PIII la diversidad funcional presentó relaciones directas con la materia orgánica e inversas el n -C₁₂ al ser evaluada a partir de la abundancia; mientras que en términos de biomasa, se presentó una única la relación directa con la materia orgánica. La redundancia funcional evaluada durante el crucero PIII en términos de abundancia y biomasa, exhibió relaciones directas con el aluminio, el n -C₁₉ (Figuras 5.26a-b).

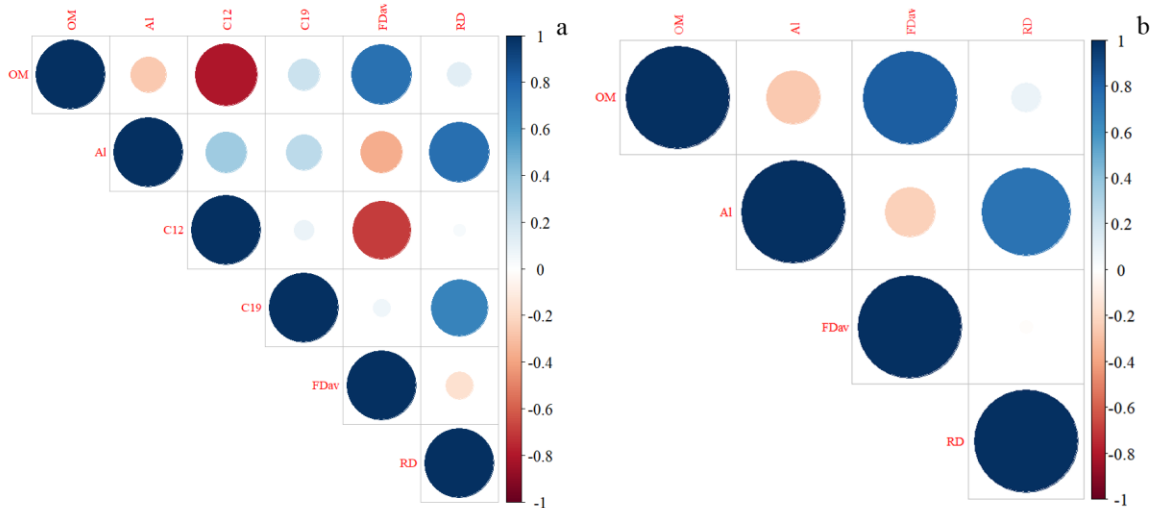


Figura 5.26. Análisis de correlación de Spearman entre índices de diversidad funcional promedio y redundancia funcional (FDav y RD) y las variables ambientales calculados a partir de los valores de abundancia (a), y biomasa (b), de la megafauna capturada durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII). Se presentan únicamente las relaciones con valores de rho mayores a 0.5.

5.4 Discusión

5.4.1 Distintividad taxonómica promedio y variación de la distintividad taxonómica promedio

En términos de Δ^+ y Λ^+ puede establecerse la condición estable de comunidades evaluadas, dada su distribución al interior de límites de confianza proporcionado por dichos índices (Prato et al. 2009). A su vez, pueden considerarse muy confiables los valores de referencia de diversidad regional, teniendo en cuenta que las listas generales (masterlist) presentaron entre 379% y 562% más especies que las capturadas durante los cruceros oceanográficos.

Las relaciones inversas exhibidas entre los índices Δ^+ y Λ^+ permiten establecer la presencia de una escasa cantidad de especies al interior de los niveles de género y familia (Hong et al. 2010, Clarke et al. 2014). Entre tanto, las relaciones inversas exhibidas con la riqueza de especies establecen la independencia entre los valores obtenidos con respecto al esfuerzo muestral (Hong et al. 2010), en favor de los argumentos propuestos por Warwick & Clarke (1998) quienes propusieron el uso de este índice a partir de información proveniente de diferentes estudios con diferencias en el esfuerzo muestral.

El transporte hacia el occidente generado por la corriente de Yucatán en los MEPY debería ser responsable de influenciar la distribución de la megafauna presente en el área, por el efecto de dicha corriente sobre la dispersión de organismos en fase planctónica, nutrientes y partículas sedimentarias (Balsam & Beeson 2003, Enriquez et al. 2010); sin embargo, las evaluaciones realizadas en los MEPY permitieron establecer la ausencia de dicho gradiente y un nulo del cambio batimétrico. Esto podría responder a la presencia de los ciclones reportados para los MEPY por Sheinbaum et al. (2016) y Enriquez et al. (2010), que pueden afectar el patrón general de dispersión hacia el oeste, la heterogeneidad de hábitat de la PCPY, la presencia de sustratos de cochas, lodos, pastos marinos lodosos y corales que influyen características texturales reportada por García (1980), la cual fue utilizada por Albañez-Lucero & Arreguín-Sánchez (2009) para determinar distribuciones de stocks de *Epinephelus morio* en la PCPY.

El patrón general de los valores registrados en los MEPY durante la primera campaña es atribuido a la interacción de los diferentes taxa que constituyeron las comunidades evaluadas en el área.

Los artrópodos representados exclusivamente por crustáceos aportaron una baja variación debido a la presencia de muchas familias pertenecientes a un solo orden (Decapoda), los equinodermos promovieron una mayor equitatividad en la distribución de sus especies en niveles taxonómicos altos (Stenger-Kovács et al. 2016), lo cual también fue observado en los moluscos y poríferos desde el nivel taxonómico de especie hasta el de familia.

El patrón de distribución al interior de los límites de confianza del crucero GV, fue atribuido al aumento de especies autogénicas con respecto al crucero anterior, aumentando la riqueza de especies por disponibilidad de hábitat y alimento (Tissot et al. 2003, Buhl-Mortensen et al. 2010, Alves et al. 2013, Kutti et al. 2015); factor que favoreció la presencia de diferentes especies y por tanto una mayor equitatividad en la distribución de organismos en los niveles taxonómicos de género y familia (Warwick 2008b, Stojković Piperac et al. 2018).

Durante la segunda campaña de los MEPY los moluscos fueron el grupo que exhibió la mayor equitatividad en los diferentes niveles taxonómicos, seguido por los crustáceos y equinodermos. Los cnidarios contribuyeron al aumento de los valores de Δ^+ al relacionar las mayoría de sus especies en los niveles orden y clase en el árbol de clasificación teórico al nivel (Stojković et al. 2018) y los briozoos fueron responsables de afectar negativamente los valores de Δ^+ de la comunidad, al estar subrepresentados debido a su fragmentación durante el arrastre (Ward et al. 2006).

Las estaciones distribuidas por debajo de los límites de confianza presentaron comunidades compuestas por *pool* de especies regionales (Clarke & Warwick 1999), indicando la presencia de alteraciones de tipo físico (Ellingsen et al. 2005), en lugar de la presencia de perturbaciones antropogénicas que reducen la equitatividad en términos de la fauna a niveles de especie, género y familia (Warwick & Clarke 1998, Azevedo et al. 2017).

Durante el crucero GIV las estaciones A5 y G34, presentaron el patrón reportado para ambientes perturbados; sin embargo, la estación A5 solo exhibió sobre representaciones de los géneros *Arcinella*, *Vokesimurex* y *Lirophora* especies carnívoras y filtradoras, las cuales a pesar de ser especies muy sensitivas ante disturbios, afectaron negativamente los valores de Δ^+ e incrementando la variabilidad estimada a través del índice Λ^+ , indicando la ausencia de

perturbaciones (Borja et al. 2000, González-Irusta et al. 2018). Entre tanto, las estaciones ubicadas dentro de los límites de confianza del índice Δ^+ y por fuera del Λ^+ , presentaron en los equinodermos y cnidarios una distribución uniforme de especies en el mismo número de familias y ordenes, sumado a la presencia de varias especies en una familia en los crustáceos y moluscos.

Durante el crucero GV en las estaciones ubicadas por debajo de los límites de confianza no fueron capturados poríferos, se presentó una escasa representación de briozoos y la presencia del equinodermo *Pawsonaster parvus* como la única especie exclusiva (estación H40). En otras áreas hubo una escasa presencia de especies autógenas (J48 y O75), o se registró sobrerrepresentación de la familia Portunidae (con dos géneros), disminuyendo la contribución del grupo a los valores de Δ^+ (estación P78), patrón que contradice la evidencia aportada por Stojković et al. (2018), quienes expresan que dicho patrón no afecta negativamente los valores de Δ^+ .

Los índices de distintividad taxonómica promedio en el CPP permitieron identificar la presencia de comunidades cohesionadas con una escasa contribución de fauna de zonas aledañas, situación que fue detectada en la zona somera en los dos cruceros y en la profunda durante el crucero PIII (Figuras 5.2a-d). Siendo esta última, un área que presentó 13 especies exclusivas, 3 compartidas, sin sobrerrepresentación a nivel de género, indicando contribuciones externas de mayor diversidad taxonómica en la zona profunda. A su vez, las dos evaluaciones realizadas en el área permitieron establecer un escaso cambio temporal en la distancia taxonómica del área evaluada (Figuras 5.2a-d).

Por otra parte, la elevada presencia de especies motiles con capacidad de cambiar su distribución ante perturbaciones, indica la presencia de recursos que favorecen el desarrollo de la fauna capturada; mientras que la ausencia de especies sésiles es atribuida a las actividades que se desarrollan con redes de arrastre (pesca y muestreos; Freese et al. 1999, Rijnsdorp et al. 2016), dado la presencia exclusiva de *A. fulva* durante el crucero PII.

Un aspecto particular de los índices Δ^+ y Λ^+ de la fauna capturada durante los cruceros PII y PIII fue la evidencia de sobrerrepresentación de especies de las estaciones D1 y C1 (Figuras 5.2a-d). En ambos casos la fauna de dichas estaciones exhibió una mayor cantidad de especies sensitivas que realizan parte de su ciclo de vida en las lagunas costeras ubicadas en inmediaciones del área

evaluada (e.g. *Callinectes*, *Penaeus*; Patella et al. 1987, Rodríguez-Castro et al. 2016, Rodríguez-Castro et al. 2017); sin embargo, estas áreas exhibieron el valor más elevado de PAHs durante las dos evaluaciones ($158.97 \mu\text{g kg}^{-1}$ y $134 \mu\text{g kg}^{-1}$), aunque fueron inferiores al límite reportado por Buchman (2008) y no se presentaron especies oportunistas, la presencia de este patrón en las dos evaluaciones debe considerarse en evaluaciones futuras, siendo un posible efecto de sensibilidad ante la presencia de hidrocarburos en bajas concentraciones.

Los valores del índice Δ^+ de los cuatro cruceros estuvieron al interior de los rangos reportados para comunidades megabentónicas (Conlan et al. 2004, De Mello 2009, Piepenburg et al. 2010, Ríos-Jara et al. 2013; $67.5 \leq \Delta^+ \leq 93.3$; $67.5 \leq \Delta^+ \leq 93.3$). En el caso de los valores de Δ^+ , los registrados en el CPP se mantuvieron dentro del rango reportado para la megafauna de zonas de plataforma continental (De Mello 2009, Ríos-Jara et al. 2013, $265.05 < \Delta^+ < 564.06$), mientras que los calculados para los MEPY estuvieron por debajo de dicho rango, indicando una posible escasa cantidad de especies compartidas entre estudios.

Las diferencias entre las áreas de estudio son atribuidas a la mayor cantidad de grupos taxonómicos en los MEPY, lo cual es atribuido a la pesca de arrastre que se realiza en el CPP que genera menores distancias promedio al interior del árbol de clasificación de Lineo (Figuras 5.3a-b), siendo a su vez uno de los factores negativo para la diversidad regional (Leonard et al. 2006). A su vez, dicha actividad disminuye la presencia de especies autógenas (Freese et al. 1999, Rijnsdorp et al. 2016), las cuales aportaron una mayor equitatividad en los MEPY y por tanto valores más altos de Δ^+ .

En el CPP junto a la baja riqueza de especies, hubo ausencia de especies que exhibieran simbiosis con productores primarios, ni suspensívoros con respecto a los MEPY, siendo congruentes los resultados obtenidos con el patrón reportado por Warwick & Clarke (1998), donde zonas menor diversidad trófica exhiben valores más bajos de Δ^+ .

5.4.2 Relación entre los índices de distintividad promedio y las variables ambientales

La relación inversa entre el Cd y Δ^+ detectada en el crucero GV siguió el patrón reportado por Warwick (2004) entre los metales acumulados en los sedimentos y Δ^+ , indicando su uso como indicador de disturbios ocasionados por la presencia de metales pesados. Las relaciones directas

exhibidas con los compuestos aromáticos resultaron de la acumulación de estos compuestos en zonas del sector oeste que se encuentran cerca de Cayo Arcas, área donde se realizan actividades económicas asociadas con hidrocarburos y que exhibieron mayor distancia taxonómica y valores bajos de Δ^+ (capítulo III, Figura 3.6a-g), atribuidos a una mayor complejidad estructural de dicha área. Entre tanto, la naturaleza inocua de los compuestos alifáticos ante la fauna distribuida en el área, siendo fuente de alimento para los miembros de las comunidades o de sus ítems alimenticios.

Las relaciones inversas entre Δ^+ y las arenas es atribuida a la menor heterogeneidad estructural que presenta el área evaluada y la PCPY en las zonas donde se presentan dichos sedimentos (sectores central y este), mientras que en el margen interno de Yucatán se presentan mayor cantidad de sedimentos finos en el sector oeste (Obs.Per. Crucero oceanográfico GVI).

Las relaciones directas entre las medidas porcentuales de carbono acumulado en los sedimentos responde la presencia de una mayor distancia taxonómicas en las estaciones donde se presentaron los valores más elevados de materia orgánica, carbono orgánico y carbono orgánico total, siendo estas zonas parte del conjunto de estaciones con valores más cercanos al valor promedio teórico de Δ^+ , que en zonas terrígenas ocasiona distribuciones agregadas en zonas de acumulación de fuentes de alimento (Escobar et al. 2008).

Las relaciones inversas con $n\text{-C}_{25}$ y $n\text{-C}_{31}$ y la subsecuente relación directa de estos compuestos con el índice Δ^+ , permite establecer la presencia de fuentes de carbono continental proveniente de desechos de plantas superiores y acuáticas continentales (Klaus-Gerhard et al. 2004), que favorece ciertos géneros en particular, afectado la topología del árbol de clasificación de Lineo, produciendo un aumento en los valores Δ^+ por falta de equitatividad (Warwick & Clarke 1998).

Durante el crucero PII las relaciones inversas entre los PAHs y el índice Δ^+ , responde a la distribución de los valores máximos de estas variables (zona de plataforma para PAHs y zona profunda para Δ^+) y no a perturbaciones ocasionadas por dichos compuestos dada su baja concentración; Sin embargo, es necesario mantener planes de monitoreo en el CPP debido a la naturaleza cancerígena y mutagénica de los PAHs acumulados en sus sedimentos y a la naturaleza terrígena del área (Neff 2002, Li et al. 2012, Ramos et al. 2012) (Baran et al. 2017), exceptuando

al fenantreno y pireno que son metabolizados y mineralizados por la macrofauna (Cullen et al. 1994, Montgomery et al. 2008).

Las relaciones directas exhibidas con el $n\text{-C}_{38}$ resultan de aportes planctónicos presumiblemente depositados luego de ser transportados por el proceso advección lateral registrados en el área (Zavala-Hidalgo et al. 2014), siendo el reporte de la presencia del coccolitoforido *Emiliana huxleyi* en áreas aledañas a la zona evaluadas de Baumann & Boeckel (2013) prueba de ello, ya que esta especie aporta dicho compuesto a los sedimentos marinos. Por otro lado, las relaciones exhibidas con la profundidad y SigmaT son atribuibles a una mayor distancia taxonómica de la fauna presente en la zona profunda y la característica exclusiva de muchas de sus especies (Anexo capítulo III, Tablas 9.16-9.19).

En cuanto a la relación directa entre $n\text{-C}_{19}$ y los valores de Λ^+ pueden ser atribuidos a la presencia de algas presentes en la zona costera, que junto al $n\text{-C}_{32}$ proveniente muy probablemente por la Laguna Madre, ya que se presentan en ambientes salinos (Hazra et al. 2019); mientras que la temperatura y oxígeno de fondo promueven cambios en la distribución de las especies al interior del árbol de clasificación, disminuyendo la equitatividad en la zona de plataforma.

5.4.3 Diversidad y redundancia funcional de dos regiones del Golfo de México

La fauna evaluada en el presente estudio exhibió elevadas frecuencia de las modalidades epifaunal y flexibilidad mayor a 45° (Hi45), lo cual es resultado de la interacción de aspectos ecológicos y logísticos. En el primero de los casos dichas modalidades resultan de la clasificación ambiental de especies y características del hábitat, dado que son los factores que promueven o excluyen el establecimiento y crecimiento de comunidades a nivel local y regional (Astorga et al. 2014, Corbelli et al. 2015, Murillo et al. 2019).

En términos logísticos, la selectividad de la red de arrastre es mayor en especies epifaunales que infaunales (de Juan et al. 2009, de Juan & Demestre 2012, Pitcher et al. 2015, Yesson et al. 2017), siendo las primeras especies más vulnerables a las actividades de arrastre y atípicas las especies más flexibles debido a su baja vulnerabilidad (de Juan & Demestre 2012, González-Irusta et al. 2018).

En los MEPY la abundancia de organismos de volumen pequeño y tamaño mediano responde a la asociación entre especies pequeñas y especies sésiles, favoreciendo los elevados valores de riqueza reportados en mayor medida en el crucero GV (capítulo III, Figuras 4.11a- 4.14a). Entre tanto, la disponibilidad de alimento presente en la zona de plataforma, la cual favorece el aumento en tamaño (Saiz-Salinas & Ramos 1999), junto a procesos de reclutamiento evidente en las especies permanentes (Anexo capítulo III, Figura 9.11), fueron los factores a los cuales le fue atribuida la dinámica interanual entre las modalidades de tamaño y volumen.

Las diferencias registradas entre las evaluaciones de los MEPY con atribuibles a la relación directa entre la riqueza de especies y la cantidad de rasgos funcionales y sus modalidades (Murillo et al. 2019); siendo dicha relación la responsable de la reducción exhibida en modalidades en el CPP, sobre todo a la ausencia de autogénicas debido a la pesca de arrastre (de Juan & Demestre 2012, González-Irusta et al. 2018), actividad que es en términos generales condiciona la presencia o ausencia de especies generando la ausencia de diferencias temporales en zonas donde se realiza dicha actividad.

En el CPP se presentó una reducción de los individuos con mayor flexibilidad entre los cruceros PII y PIII, atribuibles a las actividades económicas realizadas a lo largo de la plataforma continental del estado de Tamaulipas (Wehrtmann et al. 2012, Hinojosa-Ochoa 2018); área que al igual que los MEPY exhibió un presumible proceso de reclutamiento en el grupo de especies permanentes, mientras que tan solo 9 especies aumentaron su volumen promedio, lo cual explica el cambio marcado en los valores de las especies volumen grande entre evaluaciones (Anexo capítulo III, Figura 9.11).

Los valores generales de referencia de diversidad funcional promedio calculados fueron superiores a los valores reportados para comunidades bentónicas evaluadas a partir de la abundancia (0.31 ± 0.06 y 0.44 ± 0.01); mientras que en términos de biomasa los valores reportados fluctúan entre 0.22 ± 0.27 y 0.29 ± 0.16 (Paganelli et al. 2011, 2012, Culhane 2012). Las diferencias entre estudios podrían atribuirse a diferencias geográficas entre las áreas evaluadas en este estudio y zonas templadas y polares que presentan menor riqueza de especies y diversidad funcional (Lamanna et al. 2014).

Los valores registrados en la estación B2 evaluada durante el crucero PIII resultan atípicos con respecto a registrado en las estaciones restantes en este estudio ($Q_N=0.12\pm 0.19$ y $Q_{AFDW}=0.12\pm 0.18$). Dicho patrón es atribuido a la escasa riqueza de especies ($S=2$) y a las modalidades exhibidas (fueron iguales) a pesar de presentar individuos de diferente phyla (Artrópoda y Echinodermata). Aunque la estación B2 podría funcionalmente mantenerse ante la pérdida de una de sus poblaciones en virtud de su redundancia funcional (Clarke & Warwick 1998, Petchey et al. 2006), es necesario considerar que esta zona se encuentra en términos comunidades megabentónicas en una condición de cuello de botella.

Las diferencias registradas entre los MEPY y el CPP son atribuibles a las diferencias entre zonas arrecifales (rocosos, corales y esponjas) y fondos blandos. Dado que en el primero de estos ambientes, la complejidad estructural del suelo marino y la aportada por cnidarios, poríferos y briozoos contribuye a la distribución tridimensional de la comunidad (Winfield & Ortiz 2010) y disminuyen la predación aportando una estructura particular debido a la presencia de especies autógenas (Meireles & Mantelatto 2008); siendo dichos factores determinantes a la hora de cuantificar rasgos funcionales. Entre tanto, en fondos blandos la distribución tridimensional está determinada por procesos de bioturbación y bioirrigación (Lee 1996, Norkko & Shumway 2011), que cambian las condiciones químicas del suelo marino, favoreciendo procesos de sucesión ecológica, sumado a un mayor control por depredación.

En términos de biomasa la carencia de diferencias entre áreas de estudio es atribuible al consumo de recursos de acuerdo a su disponibilidad, ocasionando la ausencia de consumo o exceso en los aportes (en términos de subido continental o pelágico), responsable de cambios fisicoquímicos en el sedimento (Karakassis et al. 1998), que se reflejan en la estructura comunitaria (Pearson & Rosenberg 1978, Pusceddu et al. 2009, Reiss et al. 2010), situación que no ha sido registrada en las áreas evaluadas durante el presente estudio.

En los MEPY la redundancia funcional disminuyó entre la primera y segunda campaña, debido al aumento de rasgos funcionales (Letters et al. 2005), originando las diferencias registradas entre evaluaciones. Aunque en términos de biomasa esto no fuera observado indicando una distribución similar de recursos a nivel de rasgos funcionales.

En el CPP el patrón fue similar al registrado en los MEPY (Figuras 5.13a-b, 5.14a-b, 5.22a-b, 5.23a-b); sin embargo, el aumento entre las modalidades de volumen, flexibilidad y fragilidad influenciaron la relación directa entre diversidad funcional y local (Figuras 5.16e, h, i, 5.17e, h, i), indicado que en el CPP la pérdida de especies acarrearía pérdida de funciones (Kokarev et al. 2017b). A pesar de dichas diferencias, los patrones en términos de abundancia y biomasa fueron muy similares, lo cual es atribuible a una menor complejidad estructural por ausencia de especies autógenas, aunque relieve complejo del área permite sugerir la presencia de zonas de acumulación de alimento.

Las diferencias en redundancia funcional apreciadas en términos de abundancia y biomasa son atribuidas a la cantidad de modalidades y la abundancia relativa al interior de los rasgos funcionales contemplados en el presente estudio (Figuras 5.7a-i- 5.17a-i).

5.4.4 Relación de la diversidad y redundancia funcional de dos áreas del Golfo de México.

En el crucero GV la producción primaria y secundaria pelágica fueron los factores que más influenciaron los aspectos funcionales de la megafauna en términos de modalidades, dado que de dichas fuentes de producción proviene el n -C₁₆ (Libes 2009). En términos de biomasa, debe considerarse importante evaluar el efecto del 2,6-dimetilnaftaleno en el área evaluada, debido a su influencia en la comunidad sobre todo en los sectores oeste y central donde podrían verse afectados la sobrevivencia larval y de adultos (Long & Morgan 1990), sumado a la presencia en dichas áreas del fluoranteno como compuesto cancerígeno (Neff 2002, Li et al. 2012), el cual exhibió menores concentraciones sector este (Anexo capítulo II Tabla 9.4).

En el CPP diferencias en las concentraciones de fluoranteno influenciaron las modalidades en términos de abundancia, siendo responsable de la estructura funcional registrada durante el crucero PII. Dicho patrón resulta indica la necesidad de mantener planes de vigilancia en el área; dada la naturaleza cancerígena de este compuesto para pequeños mamíferos, fauna marina, que procede de diésel y gasolina, con elevada capacidad de persistencia en el medio y por tanto de su bioacumulación (Faust 1993, Neff 2002, Li et al. 2012).

Durante el crucero PII en términos de biomasa, la ausencia de diferencias multiestructurales de hábitat donde las estaciones costeras, intermedias y profundas se encuentran separadas, fueron

atribuidas a la interacción de subsidios de materia orgánica de origen vegetal continental, presencia de gasolina y otros hidrocarburos junto a desechos industriales, a los cuales les es atribuida la presencia de Cd en el área (Schnitzler et al. 1998, Botello et al. 2005, Abrams et al. 2009, Carrizo et al. 2019).

Durante la segunda campaña del CPP se estableció la usencia de diferencias en términos de heterogeneidad de hábitat, donde es porcentajes mayores al 0.6% de carbono orgánico separa parcialmente la zona profunda y la de plataforma (Anexo capítulo II, Tabla 9.5), con diferencias en el contenido de limos, sin que dichos patrones sean determinantes para las estaciones evaluadas en términos de abundancia y biomasa; lo cual indica la presencia de una comunidad funcionalmente dependiente de la producción regenerada.

En cuanto a las relaciones entre las variables ambientales y los valores calculados de diversidad funcional promedio y redundancia funcional. En los MEPY la presencia de $n\text{-C}_{13}$ y $n\text{-C}_{14}$, los cuales son ácidos grasos aportados por algas, zooplancton y bacterias marinas (Ohkouchi et al. 1997, Libes 2009), permiten establecer en términos de abundancia que fuentes autóctonas de alimento como la principal fuente de energía primaria directa o indirecta para las comunidades megabentónicas.

A su vez, las relaciones directas entre los compuestos aromáticos y la diversidad funcional en términos de abundancia y biomasa, hace evidente la presencia de aportes continentales que benefician la heterogeneidad de hábitat, ya que su naturaleza petrogénica y la presencia de la corriente de Yucatán, impediría el transporte de hidrocarburos provenientes desde Cayo Arcas hacia el centro y oeste de los MEPY; siendo estos compuestos aportados a través de las infiltraciones de agua subterránea que se presentan en el sector central y este de la PCPY, como ha sido reportado para los estados de Yucatán y Quintana Roo (Escolero et al. 2005, Metcalfe et al. 2011, López-Macias et al. 2019).

Durante la segunda campaña de los MEPY, la persistencia del $n\text{-C}_{21}$ permite establecer la importancia de este compuesto como fuente autóctona de energía para la heterogeneidad de la fauna del área; sin embargo, el patrón de soporte energético interno dado que el $n\text{-C}_{35}$ exhibió un valor de correlación mayor, junto a la relación directa de compuestos petrogénicos, atribuidos a

fuentes continentales como el diésel y la gasolina (Neff 2002, Botello et al. 2005a, López-Macias et al. 2019), siendo probablemente cancerígenos para humanos (EPA 1994, Nikolaou et al. 2009), aunque sus concentraciones permiten desestimar este efecto en la flora, fauna y comunidades humanas que dependen de las especies de importancia comercial (Buchman 2008).

Entre tanto, la redundancia funcional de la megafauna en términos de abundancia y biomasa es sustentada en mayor medida por la producción de carbono autóctono del área evaluada, dada la relación directa exhibida por dicho índice y el n -C₁₆ y n -C₂₁, los cuales son producidos por bacterias, algas y levaduras (Grimalt & Albaigés 1987, White et al. 2007, Libes 2009). Entre tanto, en la segunda campaña, fueron evidentes las fuentes alóctonas sobre la redundancia, dada que la presencia de metales pesados en los MEPY que son atribuibles a la presencia de hidrocarburos aromáticos procedentes de fuentes petrogénicas (Botello et al. 2005), que contribuyen con la homogenización del hábitat.

En el CPP la heterogeneidad del hábitat en términos fisicoquímicos debida a la presencia de hidrocarburos, favoreció la presencia de especies que exhibieron las mismas funciones en lugar de contribuir a la explotación diferencial de recursos; siendo los aportes continentales de materia orgánica proveniente de desechos vegetales vasculares terrestres, acuáticas y microalgas, junto a la producida regenerada por bacterias y hongos, los responsables de dicho patrón (Harada et al. 1995, Ohkouchi et al. 2000, Klaus-Gerhard et al. 2004, Zaghden et al. 2017).

Las relaciones exhibidos con los compuestos aromáticos permiten establecer la presencia de desechos industriales petrogénicos procedentes de zonas continentales (Botello et al. 2005, Matturro et al. 2016), influenciando la presencia de diferentes grupos taxonómicos de las mismas modalidades. Durante el crucero PIII la producción planctónica evidenciada por la relación directa con el n -C₁₉ (Gallaway 1988), al igual que la registrada por el aluminio favorecieron la redundancia de especies, indicando que las fuentes alóctonas de carbono y contaminantes en bajas concentraciones favorecen la presencia de las mismas modalidades en diferentes grupos taxonómicos.

5.5 Conclusiones

- La megafauna bentónica de los MEPY puede ser considerarse estable en términos de

diversidad regional y funcional, dado que representa la fauna regional de las áreas evaluadas y exhibió valores elevados de redundancia funcional.

- El valor de diversidad regional (Δ^+ - Λ^+) de los MEPY fue 92.52-236.45, el CPP presentó un valor de 87.29-410.82, mientras que el valor del GoM obtenido a partir de estas áreas fue 92.34-243.91 (zona YUCPER).
- Las medidas de diversidad regional aportadas en el presente estudio son altamente confiables al ser independientes del esfuerzo muestral.
- La interacción con las variables ambientales permitió observar la confiabilidad del índice de variación de distintividad funcional promedio (Λ^+) como indicador de la presencia de hidrocarburos aromáticos.
- El CPP exhibió una menor distancia promedio en términos taxonómicos, lo cual es atribuido a la pesca con redes de arrastre realizada en el área, dado que en las dos áreas evaluadas hubo presencia de hidrocarburos.
- La megafauna bentónica presente en los MEPY no fue influenciada por el patrón de transporte de la corriente de Yucatán ni cambios batimétricos.
- La presencia de especies autogénicas es una característica fundamental de la diversidad regional de las comunidades megabentónicas de los MEPY.
- Los valores bajos de Δ^+ del CPP son atribuidos a las actividades económicas realizadas en el área, las cuales erradican las especies autogénicas.
- La relación inversa entre los metales pesados y los valores de Δ^+ , permiten establecer la confiabilidad de este índice para evaluar los disturbios ocasionado por dichas sustancias.
- Los valores generales de diversidad funcional promedio fueron superiores a los reportados en otras evaluaciones, indicando la necesidad de prestar mayor atención a las comunidades megabentónicas del área evaluada.
- Los rasgos funcionales y modalidades de las comunidades evaluadas fueron influenciadas por el dispositivo utilizado en el muestreo, sin considerarse una fuente de sesgo al representar las características intrínsecas de la fauna megabentónica.

- Procesos de dinámica poblaciones como crecimiento y reclutamiento en el área, pueden ser identificados en las áreas evaluadas con el diseño muestral utilizado en esta investigación.
- EL CPP exhibió menor redundancia funcional con respecto a los MEPY, indicando que las actividades económicas en el área podrían acarrear pérdida en sus funciones en algunas áreas.
- Las fuentes alóctonas de energía son agentes estructuradores de la fauna en términos de biomasa y favorece la redundancia funcional de la comunidad, mientras que las fuentes autóctonas estructuran la comunidad en términos funcionales en términos de abundancia y la heterogeneidad de hábitat.
- La presencia de hidrocarburos en las áreas evaluadas debe evaluarse desde el punto de vista de la bioacumulación y biomagnificación.
- La presencia de hidrocarburos aromáticos y metales pesados almacenados en los sedimentos del CPP y los sectores central y este de los MEPY, hace evidente la necesidad de mejorar la infraestructura de manejo de residuos industriales en los estados de Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León.

6 Capítulo VI: Condición ecológica de los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán y el Cinturón Plegado Perdido a través de índices bióticos

Resumen

Las comunidades megabentónicas son el componente menos estudiado del bentos marino, siendo restringidas las evaluaciones de condición ambiental realizadas a partir de su abundancia y biomasa, mientras que evaluar la sensibilidad ante actividades de arrastre es esencial para establecer la condición de estas comunidades y establecer relaciones espaciales y temporales. Con el objetivo de evaluar la condición ecológica de los MEPY y del CPP entre noviembre de 2015 y junio de 2017, fueron calculados los índices bióticos AMBI, BAMBI, M-AMBI y M-BAMBI y los índices de sensibilidad ante el arrastre BESITO, TDI.BESITO (BESITO), TDI.BESITO-AMBI (BEAM) y de resiliencia por esta actividad (RTI). La relación entre los índices calculados y las variables ambientales se evaluó a través de análisis de correlación de Spearman. Los valores de los índices AMBI y BAMBI fluctuaron entre 0.00 y 1.50, permitiendo identificar 6 estaciones levemente perturbadas y 45 sin signos de perturbación, mientras que los índices M-AMBI y M-BAMBI discriminaron áreas con condiciones deficientes y muy buenas, estando la primera de ellas en los MEPY. Los índices BESITO y BEAM presentaron mayores valores de sensibilidad en los MEPY y los rangos de resiliencia aportados por el índice RTI fueron similares en las dos áreas. Los índices bióticos exhibieron relaciones inversas con PAHs y directas con hidrocarburos alifáticos, los porcentajes de arena y limo; la sensibilidad ante el arrastre se relacionó con las características texturales. Dada la ausencia de replicas y pocas estaciones los resultados obtenidos tienen un alcance preliminar, estableciendo mejor calidad ecológica en los MEPY que en el CPP, siendo el índice M-BAMBI el más adecuado, al presentar relaciones congruentes con las variables ambientales. Fue establecida la ausencia de perturbaciones interanuales en los MEPY y disminuciones en los niveles de sensibilidad y resiliencia en el CPP independiente a muestreos previos, debido a las actividades económicas realizada en la zona. Las perturbaciones debidas a factores físicos en la zona profunda del CPP fueron más importantes que los aportes continentales. Para tener evaluaciones confiables en estas áreas es necesario aumentar el número de estaciones y la presencia de replicas que corroboren estos resultados, los cuales indican la necesidad de adelantar programas de vigilancia y protección ambiental, a fin de mantener su estado no perturbado

6.1 Introducción

La evaluación de la biodiversidad marina ha sido realizada a través de una variada gama de índices, los cuales evalúan las fluctuaciones de las comunidades biológicas al interior de escalas en las que se circunscriben los ciclos de vida de sus miembros, estando acoplados a las variaciones naturales de su área de distribución (Gray 2000, Baeta et al. 2009, Borja et al. 2015b). Sin embargo, para la protección de estas comunidades es necesario establecer su estado, permitiendo de esta manera establecer la condición ecológica de cualquier área evaluada (Borja et al. 2015a).

Entre las herramientas más utilizadas para establecer la condición ecológica de un área, los índices AMBI (AZTI's Marine Biotic Index; Borja et al. 2000) y M-AMBI (Multivariate AMBI; Muxika et al., 2007), han sido referidos entre los más apropiados para evaluar la condición ambiental de ecosistemas transicionales (Borja et al. 2015b, 2019).

El índice AMBI asigna valores continuos entre 0 al 7, de acuerdo a la composición proporcional de especies oportunistas y sensibles que componen una comunidad evaluada, siendo sus valores extremos resultado de la presencia exclusiva de dichas especies (Muxika et al. 2007b). Adicionalmente, este índice puede ser utilizado con valores de abundancia, biomasa, producción secundaria, presencia/ausencia y genómica de comunidades macro, meio y microbentónicas (Warwick et al. 2010, Aylagas et al. 2014, 2017, 2018, Mistri & Munari 2015, Borja et al. 2019).

Entre tanto, el índice M-AMBI es una herramienta de tolerancia ponderada, que usa los atributos comunitarios de expectativas específicas de hábitat, junto con la abundancia relativa de especies tolerantes y sensitivas a contaminación (Muxika et al. 2007a). Este índice no requiere gran cantidad de datos para su calibración y validación, puede ser aplicado a diferentes ambientes con datos de abundancia, biomasa o el ADN de la comunidad (Muxika et al. 2007a, Cai et al. 2014, Aylagas et al. 2018, Gillett et al. 2019); además, contempla los índices de diversidad de Shannon, riqueza de especies y AMBI en un análisis factorial, que aporta resultados entre 0 para ambientes perturbados y de 1 para zonas con una elevada condición ecológica (Muxika et al. 2007a), que al ser obtenidos luego de la rotación ortogonal generada por un análisis de factores, aportando resultados con menor grado de incertidumbre (Muxika et al. 2007a, Pelletier et al. 2018).

Dado que tanto el AMBI como el M-AMBI fueron desarrollados para ecosistemas europeos, dichas herramientas deben ser recalibradas para ser usadas en otras zonas geográficas, especialmente el M-AMBI, que necesita condiciones de referencia locales (Borja et al. 2019). Sin embargo, Pelletier et al. (2018) calibraron el M-AMBI en una escala amplia que permitiera la evaluación del estado ecológico de ambientes a través de barreras biogeográficas o en evaluaciones locales, siendo siempre necesario revisar la calidad de la información que aporta el índice, a fin de obtener resultados que exhiban particularidades en las condiciones locales (Gillett et al. 2019).

Variantes del índice han sido desarrolladas con variantes en los valores de tolerancia y en los gradientes de disturbio con respecto al modelo original (Simboura & Zenetos 2002, Pinedo et al. 2012), pudiéndose ver todos los métodos derivados en Borja et al. (2019), indicando la robustez del marco conceptual sobre el que fue desarrollada dicha herramienta, la cual exhibe menor exactitud en áreas con escasa riqueza y abundancia de especies (Muxika et al. 2007a, Pelletier et al. 2018).

A su vez, las características intrínsecas de las comunidades megafaunales (*e.g.* tamaño, movilidad), así como los sesgos asociados a los dispositivos utilizados para su evaluación (*e.g.* redes de arrastre, trineo), generan la necesidad de determinar la confiabilidad de los análisis realizados a partir de estas comunidades; para lo cual es necesario evaluar su sensibilidad ante el disturbio ocasionado por las redes de arrastre, a través de los aspectos funcionales de sus especies (Jones 1992, De Juan et al. 2007, de Juan et al. 2009, González-Irusta et al. 2018). Entre estos, el índice de sensibilidad bentónico ante las operaciones de arrastre (BESITO por sus siglas en inglés) desarrollado por González-Irusta et al. (2018), presenta una elevada confiabilidad al contemplar los rasgos funcionales más afectados por las redes de arrastre y ser desarrollado para especies megabentónicas.

Este tipo de evaluaciones han sido llevadas a cabo de manera extensiva en el Mar Mediterráneo, Mar Cantábrico y márgenes continentales australianos y de zonas polares (Hutchings 1990, Jones 1992, de Juan et al. 2007, de Juan & Demestre 2012, González-Irusta et al. 2018); debido a que son herramientas para áreas en las que se realizan actividades económicas (de Juan et al. 2007, de Juan & Demestre 2012, González-Irusta et al. 2018), las cuales afectan las comunidades de especies autógenas que aumentan la complejidad estructural del suelo marino y por tanto la

diversidad de comunidades bentónicas (Freese et al. 1999, Asch & Collie 2008, Buhl-Mortensen et al. 2016, Petović et al. 2016). Sin embargo, este tipo de evaluaciones no han sido realizadas en los MEPY, ni el CPP; siendo esta última zona un área que se ve influenciada por dichas actividades, de acuerdo con la información presentada en los capítulos previos de la presente evaluación.

El objetivo de este capítulo es establecer la condición ecológica de los MEPY y el CPP, el nivel de sensibilidad de las comunidades distribuidas en dichas áreas ante las actividades de arrastre y determinar el conjunto de variables que más influyen dichos atributos comunitarios.

6.2 Materiales y métodos

Con base en la determinación taxonómica de los cuatro cruceros oceanográficos, se realizó la comparación entre la base de datos de especies clasificadas al interior del índice AMBI disponible a través del programa AMBI 5.0 y la paquetería BBI de la plataforma R (Borja et al. 2000, Borja & Tunberg 2011, Cordier & Pawlowski 2018; Eq. 16). A las especies ausentes de dichas bases de datos les fue asignado un grupo ecológico, a través de la revisión de la información aportada por otros autores (incluyendo la literatura gris). En los casos en los que las especies encontradas no presentaron referencia en la literatura, les fue asignada el grado de respuesta reportado en niveles taxonómicos superiores (Borja & Tunberg 2011). El cálculo de AMBI se hace según la fórmula siguiente, siendo G el grupo ecológico:

$$AMBI = \frac{\{(0*\%GI)+(1.5*\%GII)+(3*\%GIII)+(4.5*\%GIV)+(6*\%GV)\}}{100} \quad (\text{Eq. 16})$$

Los valores de AMBI fueron calculados siguiendo la metodología descrita por Borja et al. (2000) y que ha sido utilizada en otras áreas de estudio por otros investigadores (Ranasinghe et al. 2012, Li et al. 2013, Pinna et al. 2013, Pelletier et al. 2018), donde a cada grupo ecológico le es asignado un coeficiente de más alto conforme aumenta el estado de polución, siendo las especies con los valores más bajos las registradas en zonas que presentan ausencia de disturbio (0.0 a 1.2), mientras que aquellas con valores que fluctúan entre 5.5 a 6.0 se encuentran en zonas muy contaminadas o disturbadas (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Criterios de clasificación de la condición ecológica a partir de los valores aportados por el índice AMBI. Modificado de Borja et al. (2000).

Clasificación contaminación	Coefficiente biótico	Valor AMBI	Grupo ecológico	Salud comunidad bentónica
No contaminado	$0.0 < BC < 0.2$	0	I	Normal
No contaminado	$0.2 < BC < 1.2$	1		Empobrecido
Levemente contaminado	$1.2 < BC < 3.3$	2	III	Desbalanceado
Medianamente contaminado	$3.3 < BC < 4.3$	3		Transicional a contaminado
Medianamente contaminado	$4.5 < BC < 5.0$	4	IV-V	Contaminado
Muy contaminado	$5.0 < BC < 5.5$	5	V	Transicional a muy contaminado
Muy contaminado	$5.5 < BC < 6.0$	6		Muy contaminado
Extremadamente contaminado	Azoico	7	Azoico	Azoico

En el caso del índice M-AMBI fue seguida la metodología aportada por Muxika et al. (2007a) y que ha sido aplicada por Pelletier et al. (2018) para comunidades macrofaunales distribuidas en la zona estadounidense del GoM y por Santibañez-Aguascalientes et al. (2018, 2020) para comunidades macrofaunales presentes en la Sonda de Campeche, la zona costera de los estados de Tabasco y Veracruz y el sector oeste de la PCPY.

Los términos de referencia fueron definidos a partir de la información aportada por el muestreo, y a través de los valores aportados por el AMBI, la diversidad local y la riqueza de especies, con las cuales es posible establecer gradientes a través de un análisis de factores en los cuales los valores extremos corresponden a los valores de condición deficiente y muy buena, los cuales se encuentran en un espacio euclidiano y permiten establecer valores locales esperados de condición (Muxika et al. 2007a, Borja & Tunberg 2011, Pelletier et al. 2018); a partir del cual pueden discriminarse ambientes en condiciones muy buenas, buenas, moderadas, deficientes y malas (Borja & Tunberg 2011).

La sensibilidad ante el disturbio producido por redes de arrastre a nivel de especie fue calculado a través del índice de sensibilidad bentónica ante operaciones de arrastre (BESITO por sus siglas en inglés), donde cada rasgo funcional exhibe valores entre 1 y 4 (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Rasgos biológicos, aspectos notables por rasgo y niveles de sensibilidad. Modificado de Gonzalez-Irusta et al. (2018).

Rasgo funcional	Características por rasgo	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Tamaño	Organismos grandes son más afectados por el arrastre que los pequeños que pueden escapar y tienen menor probabilidad de ser afectado.	Pequeño (<2cm)	Mediano (5 ≤ cm ≤ 10)	Grande (10 ≤ cm ≤ 50)	Muy Grande (50 cm >)
Longevidad	Los organismos longevos tienen menor capacidad de recuperación y necesitan mayor tiempo para alcanzar la madurez sexual.	< 5 años	5 ≤ años ≤ 10	10 ≤ años ≤ 50	> 50 años
Movilidad	Especies móviles son más capaces de escapar de la red y pueden colonizar áreas por migración.	Nadador	Arrastre/Caminador	Excavador	Sésil
Adhesión	Especies permanentemente adheridas no pueden sobrevivir a su separación, mientras que especies con adhesión temporal tienen mayores posibilidades de supervivencia.	No sésiles	-----	Temporales	Permanentes
Posición	La exposición al arrastre depende de la posición, siendo los excavadores las especies menos afectadas.	Excavador	-----	Superficial	Emergentes (>20cm)
Flexibilidad	Las especies sésiles con elevada flexibilidad son menos sensibles que las especies con baja flexibilidad.	Alta (>45°)	-----	Baja (10 ≤ ° ≤ 45)	No flexible (<10°)
Fragilidad	Carroñeros u oportunistas pueden preñar individuos, mientras que las especies filtradores son afectados negativamente por el arrastre	Carroñero	Predador/Carnívoro	Deposívoros	Filtradores

El índice BESITO fue calculado siguiendo la expresión propuesta por González-Irusta et al. (2018), la cual presenta coeficientes definidos de acuerdo a variaciones en biomasa relativa debida al esfuerzo muestral (Eq. 17). Dicho índice proporciona 5 niveles de sensibilidad, siendo 1 el nivel de menor sensibilidad y 5 el de mayor sensibilidad, haciendo posible discriminar especies insensibles al arrastre (tipo I), especies tolerantes (tipo II), especies poco sensibles (tipo III), especies sensibles (tipo IV) y aquellas muy sensibles (tipo V). Cabe aclarar que es posible registrar especies con valores más elevados de sensibilidad como el caso del cnidario *Orbicella franksi* la cual exhibió un valor de 6 en el presente estudio.

$$BESITO = \text{redondeado} \left(\frac{2 \cdot \text{Tamaño} + 3 \cdot \text{Longevidad} + \text{Movilidad} + \text{Adhesión} + \text{Posición} + \text{Flexibilidad} + 2 \cdot \text{Fragilidad} + 2 \cdot \text{Nivel trófico}}{6.6} - 2 \right) \quad (\text{Eq. 17})$$

Una vez definidos los niveles de sensibilidad a nivel de especies, se evaluó la condición local debida al disturbio producido por el arrastre, a través de una versión modificada del índice TDI (Trawling Disturbance Index) propuesta por de Juan & Demestre (2012); en la cual los resultados fueron redondeados, ajustados a 5 y requeridos los valores de biomasa para dicha evaluación (Eq.18).

$$TDI.BESITO = \text{redondeado} \left(\left(\frac{\left(\frac{\text{Log } 1 * \text{Log}(GI+1) + \text{Log } 2 * \text{Log}(GII+1) + \text{Log } 4 * \text{Log}(GIII+1) + \text{Log } 8 * \text{Log}(GIV+1) + \text{Log } 16 * \text{Log}(GV+1) + \text{Log } 32 * \text{Log}(GVI+1)}{\text{Log}(kg \text{ AFDW})} \right) * 0.58 \right)} \right) \quad (\text{Eq. 18})$$

A fin de determinar de manera conjunta la sensibilidad al arrastre y la respuesta ante perturbaciones relacionadas con otras actividades humanas, fue incluido a la expresión del índice BESITO el grado de sensibilidad ante perturbaciones aportado del índice AMBI en escala inversa, a fin de aportar el valor más elevado a las especies con mayor sensibilidad, junto con un valor de corrección de 0.12 incluido para mantener la escala de 1 a 5 (Eq.19). Con esta información se calculó el índice TDI.BEAM (Trawling Disturbance Index. BESITO-AMBI), el cual presenta un ajuste diferente al exhibido en el TDI.BESITO (Eq. 20).

$$BESITO.AMBI = \text{redondeado} \left(\frac{(2 * \text{Tamaño}) + (3 * \text{Longevidad}) + \text{Movilidad} + \text{Adhesión} + \text{Posición} + \text{Flexibilidad} + (2 * \text{Fragilidad}) + (2 * \text{Nivel trófico}) + (0.12 * \text{Grupo ecológico})}{6.6} - 2 \right) \quad (\text{Eq. 19})$$

$$TDI.BEAM = \text{redondeado} \left(\left(\frac{\left(\frac{\left(\text{Log } 1 * \text{Log}(GI+1) + \text{Log } 2 * \text{Log}(GII+1) + \text{Log } 4 * \text{Log}(GIII+1) + \text{Log } 8 * \text{Log}(GIV+1) + \text{Log } 16 * \text{Log}(GV+1) + \text{Log } 32 * \text{Log}(GVI+1) \right)}{\text{Log}(kg \text{ AFDW})} \right) * 0.61 \right)} \right) \quad (\text{Eq. 20})$$

Dado que las herramientas mencionadas con anterioridad permiten establecer la condición de los ambientes luego de haber sido muestreados, resulta importante establecer su resiliencia. Para tal fin se multiplicó la clasificación de longevidad y los valores volumen por especie y estación, luego los valores obtenidos fueron divididos por la riqueza de especies, dado que los valores están delimitados por el esfuerzo muestral; posteriormente los valores resultantes fueron sumados, escalados aplicando log x+1, divididos por una constante de 0.84 y sumando una unidad al final, dando origen al índice de resiliencia debida al arrastre (Resilience Trawling Index, RTI; Eq. 21).

$$RTI = \left(\text{redondeado} \left(\frac{\log\left(\sum\left(\frac{Vol+LF}{S}\right)\right)+1}{0.84} \right) \right) + 1 \quad (\text{Eq. 21})$$

La relación entre los índices AMBI, M-AMBI, TDI.BESITO, TDI.BEAM y RTI con las variables ambientales de las cuatro campañas oceanográficas fue evaluada a partir de análisis de correlación de Spearman utilizando como umbral un valor de rho mayor o igual a 0.5 (Clarke et al. 2014, Gillett et al. 2015).

Tabla 6.3. Valores de referencia del índice de resiliencia relacionada a actividades de arrastre y sus valores en unidades reales. AFDW: Ash Free Dry Weight (peso seco libre de cenizas).

Redundancia	Coeficiente calculado	Valor índice	Valor (años kg AFDW Ind ⁻¹ sp ⁻¹)
Muy alta	0	I	0-0.52
Alta	1	II	0.52-2.52
Moderada	2	III	2.53-7.16
Baja	3	IV	7.17-17.91
Muy Baja	4	V	17.92-42.81
Perdida funcional	5	VI	42.82-99.86

6.2.1 Resultados

6.2.2 Índices biológicos AMBI y M-AMBI

6.2.2.1 Caracterización ambiental

Los términos de referencia para la implementación del índice M-AMBI, obtenidos a partir del análisis de componentes principales, permitieron establecer diferencias ambientales marcadas entre las dos áreas evaluadas (Figuras 6.1a-b), siendo las variables oceanográficas y la concentración de aluminio las características fisicoquímicas del hábitat más importantes en los MEPY (Figuras 6.1a-b).

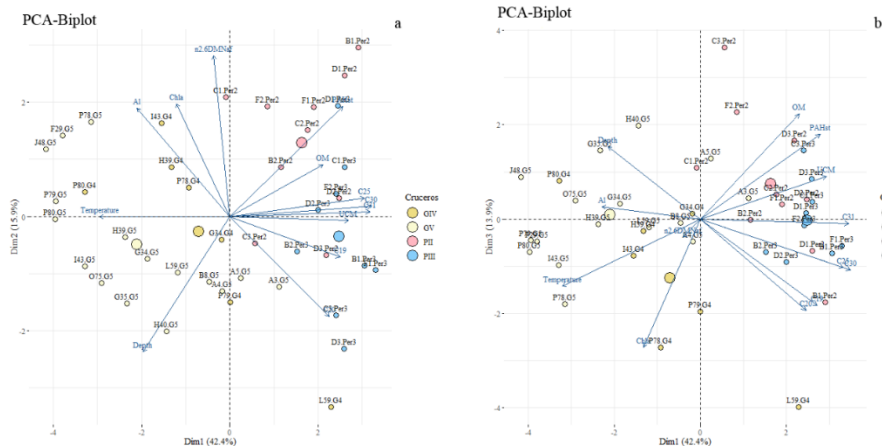


Figura 6.1. Análisis de componentes principales realizado con el total de estaciones evaluadas durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido (PIII).

El análisis global permitió observar en las estaciones ubicadas al oeste de los MEPY evaluadas durante el crucero GV y la estaciones P78 del crucero GIV, la concentración de 2.6-metil-dinaftaleno y el Pireno fueron las características químicas más importantes (Figuras 6a-b); mientras que en el CPP la distribución y separación entre zonas fue debida al porcentaje de materia orgánica, las concentraciones de hidrocarburos alifáticos, la UCM, y los PAHs (Figuras 6.1a-b).

6.2.2.2 Evaluación de los índices AMBI y M-AMBI

En la presente evaluación fue posible asignar a 253 especies una de las cinco categorías pertenecientes a los grupos ecológicos del índice AMBI, 184 especies hacían parte del listado de especies del índice y 20 especies fueron clasificadas como “no asignado” debido a la escasa información acerca de las condiciones de hábitat donde típicamente suelen distribuirse. Las especies sensitivas fueron el grupo ecológico con mayor número de especies (274), seguidas por las especies indiferentes ante perturbaciones (127 especies), 33 especies se discriminaron como tolerantes ante disturbios y 6 como oportunistas de segundo orden, no habiéndose encontrado ninguna especie oportunista de primer orden (Figura 6.2).

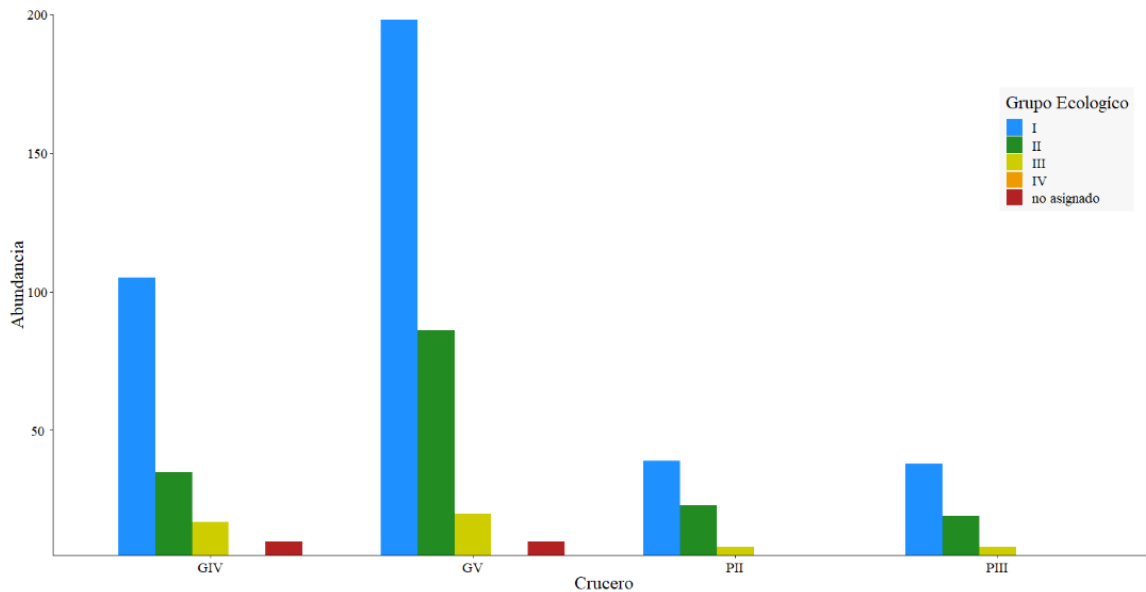


Figura 6.2. Abundancia de especies de acuerdo con los grupos ecológicos del índice AMBI. Se presentan por crucero oceanográfico: Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido III (PIII).

Los cruceros oceanográficos GIV, GV y PII presentaron especies pertenecientes a cuatro de los cinco grupos ecológicos contemplados en AMBI, siendo mejor representadas las especies sensitivas en las cuatro evaluaciones; mientras que los representantes de los grupos III y IV exhibieron abundancias entre 1 a 16 especies. En el crucero PIII no se presentaron oportunistas de segundo orden (Figura 6.2).

6.2.2.3 Evaluación Gomex

La distribución regional de los grupos ecológicos permitió establecer en los MEPY la elevada importancia de las especies del grupo I, durante la evaluación realizada en el crucero GIV; dado que solo las estaciones F29, H39 y H40 exhibieron una mayor presencia de especies indiferentes y tolerantes ante disturbios (Figura 6.3a).

Durante el crucero GV fue registrado un cambio drástico en los valores de abundancia relativa por estación, debido al aumento de especies de los grupos II y III, con respecto a la evaluación anterior; aunque las especies sensitivas continuaron siendo mayoría. Ninguna estación exhibió la presencia exclusiva de especies de un solo grupo ecológico, como se registró en la estación H40 del crucero GIV (Figura 6.3b).

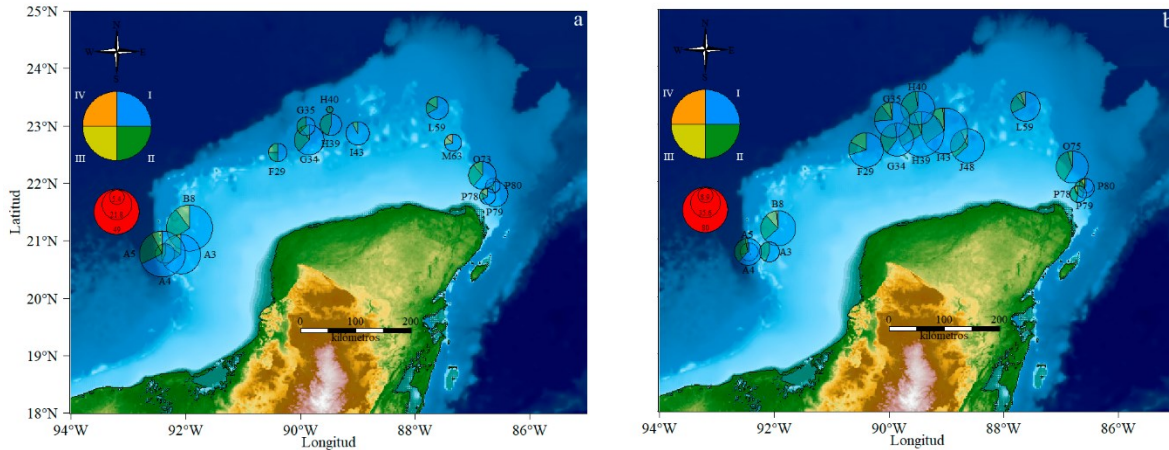


Figura 6.3. Distribución regional de especies discriminadas de acuerdo con los grupos ecológicos contemplados en el índice AMBI. a, especies capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). b, especies capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV).

Los valores calculados del índice AMBI permitieron establecer la ausencia de perturbaciones en la mayoría de las estaciones evaluadas durante los dos cruceros realizados en los MEPY (Figura 6.3a); siendo la estación H40 evaluada en el crucero GIV, el área discriminada como levemente perturbada ($H40=1.50$). En términos de biomasa se observó una mayor cantidad de estaciones levemente perturbadas, sin que dicha condición persistiera entre evaluaciones (Figura 6.4b). La evaluación que presentó la mayor cantidad de estaciones en dicha condición fue el crucero GIV (B8, F29 y H40), mientras que la segunda campaña de los MEPY solo se observó esta condición en la estación A5 condición (Figura 6.3b).

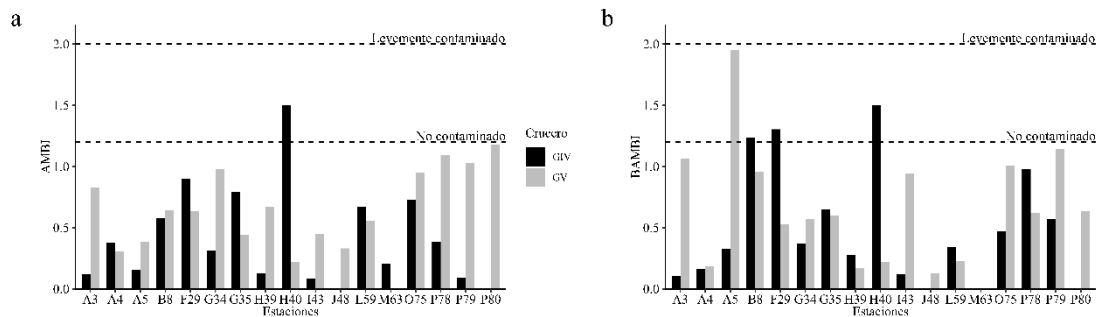


Figura 6.4. Valores de los índices AMBI y BAMBI calculados en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) durante los cruceros oceanográficos Gomex IV (GIV) y Gomex V (GV). a, valores del índice AMBI. b, valores calculados del índice BAMBI.

Los valores de los índices M-AMBI y M-BAMBI de los MEPY, permitieron establecer condiciones ecológicas de altas a moderadas durante las dos evaluaciones contempladas en el presente estudio, siendo la estación H40 la única área que presentó un estado deficiente en términos de los códigos asignados por dichos índices (Figura 6.5a-b).

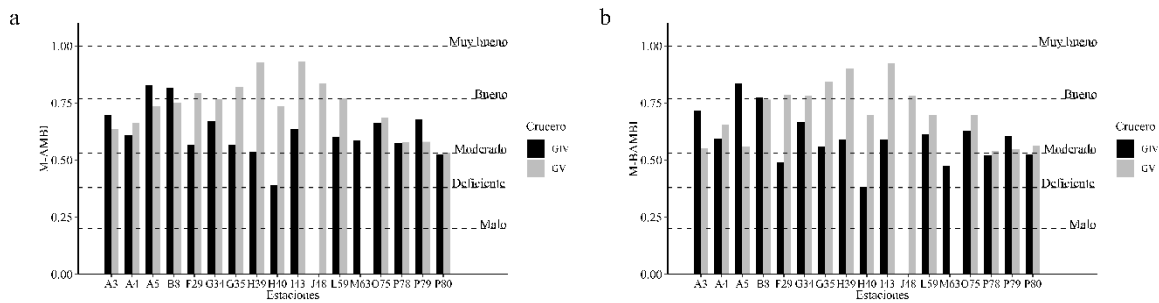


Figura 6.5. Valores de los índices M-AMBI y M-BAMBI de las comunidades distribuidas en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY). a. valores calculados del índice M-AMBI. b. valores calculados del índice M-BAMBI.

Al separar el conjunto de datos por áreas de estudio, el índice AMBI en los MEPY exhibió diferencias entre los valores de abundancia entre evaluaciones ($Z=-2.41$, $p=0.015$), las cuales fueron ausentes en términos de biomasa ($Z=-0.62$, $p=0.54$). Los valores del M-AMBI en los MEPY presentaron diferencias en términos de abundancia y biomasa entre evaluaciones ($Z=-2.41$, $p=0.01$; $Z=-2.07$, $p=0.04$).

6.2.2.4 Evaluación Perdido

En el CPP las especies sensibles y tolerantes a disturbios fueron las mejor representadas en las 10 estaciones evaluadas, en la mayoría de los casos; siendo estos dos grupos los observados en la estación D3 (Figura 6.6a). Durante el crucero PIII, fue posible observar la ausencia de especies del grupo III en los transectos C y D; a su vez, fue posible observar la presencia exclusiva de especies sensibles en las estaciones C1 y C2, junto a un evidente cambio en la distribución porcentual en la estación D3, con respecto a la observada en la evaluación anterior (Figuras 6.6a-b).

Entre tanto la condición ecológica del CPP en términos de abundancia determinada a través del índice AMBI permitió establecer la ausencia de perturbaciones en todas las estaciones evaluadas durante los dos cruceros (Figura 6.7a); mientras que en términos de biomasa fue posible establecer la presencia de zonas levemente perturbadas localizadas en la zona profunda (PII, C3= 1.25; PIII D3=1.22), las cuales siguieron el patrón temporal registrado en los MEPY al no presentar una condición persistente en el tiempo ($0.0 \leq \text{AMBI} \leq 1.2$; Figura 6.7b).

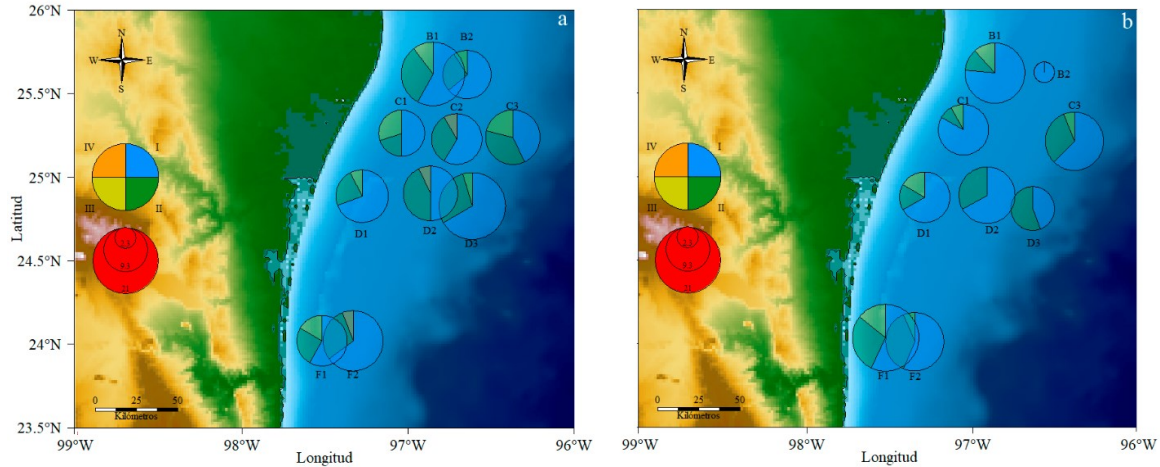


Figura 6.6. Distribución regional de especies discriminadas de acuerdo con los grupos ecológicos contemplados en el índice AMBI. a, especies capturadas durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII). b, especies capturadas durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII).

Los valores del índice M-AMBI en el CPP fluctuaron entre 0.76 y 0.92, mientras que los valores obtenidos del M-BAMBI presentaron un rango de valores más amplio (0.69 a 0.93, Figura 6.8a-b). La mayoría de las estaciones evaluadas exhibieron condiciones ecológicas altas, mientras que la estación B2 evaluada durante el crucero PII y las estaciones C3 y D3 muestreadas en el crucero PIII presentaron condiciones ecológicas buenas.

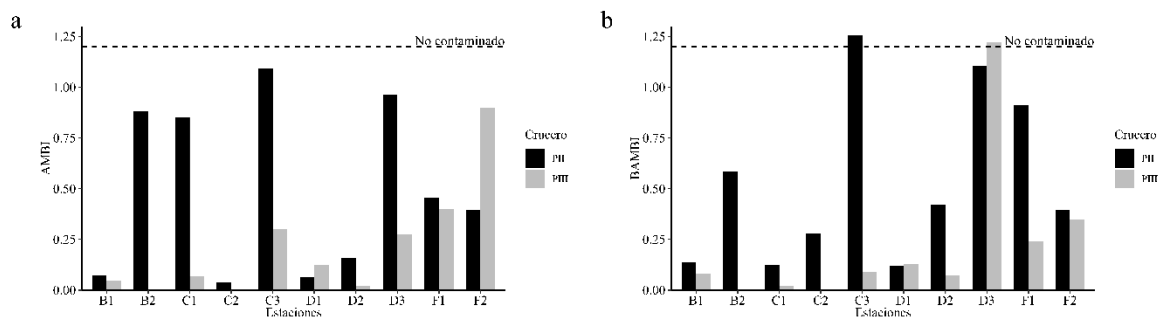


Figura 6.7. Valores del índice AMBI y BAMBI calculados en el Cinturón Plegado Perdido (CPP) durante los cruceros oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII), a. Valores del índice AMBI, b. Valores del índice BAMBI.

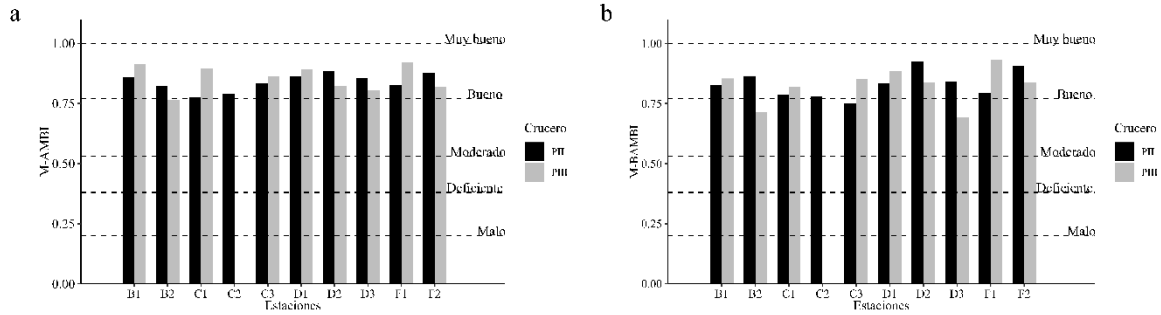


Figura 6.8. Valores de los índices M-AMBI y M-BAMBI de las comunidades distribuidas en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), a. Valores calculados del índice M-AMBI, b. Valores calculados del índice M-BAMBI.

Las comparaciones de los índices bióticos realizadas a través de las pruebas de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis, permitieron establecer a nivel global la ausencia de diferencias en los valores aportados por el AMBI en términos de abundancia y biomasa ($Z=-0.25$, $p=0.799$), al igual que el índice M-AMBI ($Z=0.84$, $p=0.40$).

Los valores registrados en el CPP entre evaluaciones no se registraron diferencias debidas a las variables fuente de los valores del AMBI ($Z=-0.62$, $p=0.54$; $Z=-0.25$, $p=0.80$); mientras que en el CPP dichas diferencias no fueron registradas ($Z=-0.62$, $p=0.54$; $Z=-0.25$, $p=0.80$).

6.2.3 Índices de sensibilidad al arrastre.

6.2.3.1 Evaluación Gomex

El índice BESITO permitió establecer en los MEPY valores relativos elevados de las especies muy sensibles, sensibles y tolerantes al disturbio provocado por redes de arrastre (tipos V, IV y II respectivamente); con un menor rango de distribución las especies de tipo V durante el crucero GIV (Figura 6.9a). En el crucero GV dichas especies presentaron un aumento en sus valores relativos y número de estaciones, generando la subsecuente disminución en la importancia de las especies poco sensibles (tipo II; Figura 6.9a-b).

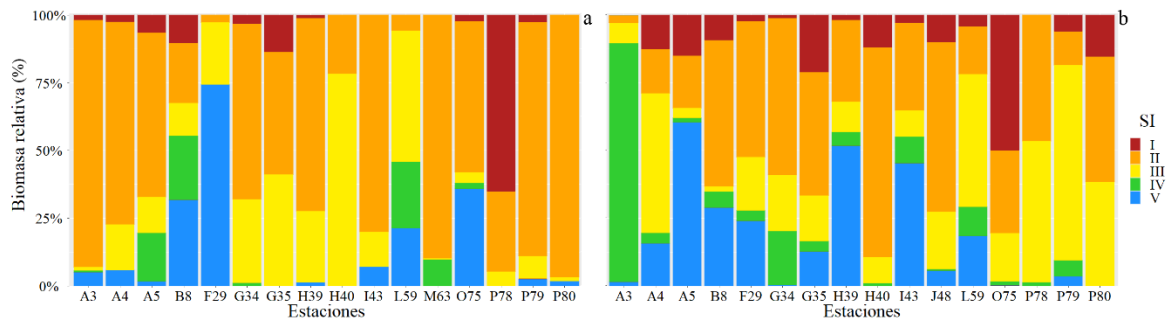


Figura 6.9. Biomasa relativa de los tipos de especies discriminadas por el índice BESITO que fueron capturadas en las campañas oceanográficas Gomex IV (GIV, a) y Gomex V (GV, b); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por Gonzalez-Irusta et al. (2018) y las categorías asignadas en el presente estudio. Especies insensibles (tipo I), especies tolerantes (tipo II), especies poco sensibles (tipo III), especies sensibles (tipo IV) especies muy sensibles (tipo V).

El índice TDI.BESITO permitió establecer durante el crucero GIV la presencia comunidades megabentónicas muy sensibles en el sector oeste de los MEPY (Figura 6.10a); mientras que en el centro y este los valores fluctuaron entre I y III, siendo áreas dominadas por especies tolerantes y poco sensibles. La estación L59 exhibió el valor más elevado de sensibilidad del sector este (IV).

Durante el crucero GV los valores del índice TDI.BESITO fueron más elevados con respecto a la evaluación anterior, como resultado de la captura de un mayor número de especies autogénicas (Figura 6.10a-b); las estaciones A3, A5, B8, O75, P78 y P80 exhibieron el mismo nivel de sensibilidad en las dos evaluaciones y la estación L59 presentó el valor más elevado de sensibilidad (IV). Durante esta evaluación no se registró un patrón de distribución de los valores debido a la distribución por sectores o rango batimétrico (Figura 6.10b).

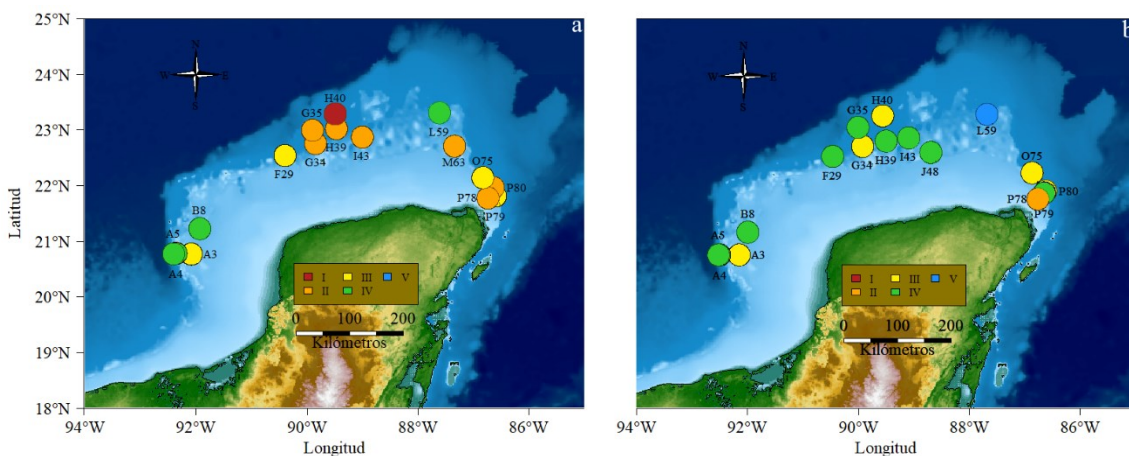


Figura 6.10. Sensibilidad de las comunidades presentes en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), discriminadas con el índice TDI.BESITO. a. Crucero Gomex IV (GIV), b. Crucero Gomex GV (GV); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por Gonzalez-Irusta et al. (2018) y las categorías asignadas en el presente estudio. Especies insensibles (tipo I), especies tolerantes (tipo II), especies poco sensibles (tipo III), especies sensibles (tipo IV) especies muy sensibles (tipo V).

El índice TDI.BEAM permitió establecer que durante el crucero GIV, las estaciones localizadas en los extremos de los MEPY presentaron valores elevados de sensibilidad conjunta (Figura 6.11a), mientras que la estación H40 presentó el valor más bajo debido a la presencia de especies oportunistas poco sensibles al arrastre (tipo I; Figura 6.11a). Las estaciones restantes fueron observados valores entre II y III, indicando la ausencia de perturbaciones (tipo II; Figura 6.11a).

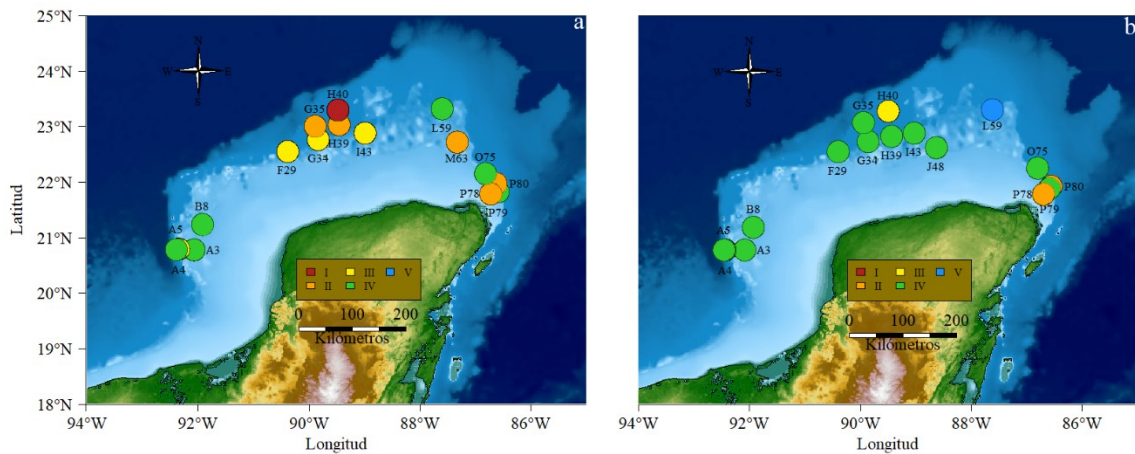


Figura 6.11. Sensibilidad de las comunidades presentes en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), discriminadas de acuerdo con el índice TDI.BESITO-AMBI (TDI.BEAM). a. Crucero Gomex IV (GIV), b. Crucero Gomex GV (GV); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por Gonzalez-Irusta et al. (2018) y orden inverso de Borja et al (2000) asignadas en el presente estudio. I: comunidades insensibles al arrastre y oportunistas de primer orden, II: especies tolerantes al arrastre y oportunistas de segundo orden, III: especies poco sensibles al arrastre y tolerantes ante disturbios, IV: especies sensibles al arrastre e indiferentes a disturbios fisicoquímicos y V: especies muy sensibles ante los dos tipos de disturbio.

En el crucero GV el nivel de sensibilidad aumentó en la mayoría de las estaciones, siendo la estación L59 el área con mayor nivel sensibilidad, mientras que las estaciones A5, B8, O75, P78 y P80 mantuvieron sus valores de sensibilidad durante las dos evaluaciones (Figura 6.11a-b).

En los MEPY el índice RTI permitió establecer la presencia comunidades con valores de resiliencia muy alta a baja (entre I y IV; Tabla 6.3), siendo la estación H40 la única zona con valores altos, mientras que el 30% de las estaciones localizadas en los tres sectores de los MEPY exhibieron resiliencia baja (Figura 6.12a). Las estaciones que exhibieron valores moderados de resiliencia fueron las ubicadas en los sectores central y este, mientras que zonas con resiliencia baja fueron observadas en los tres sectores del área evaluada (Figura 6.12a).

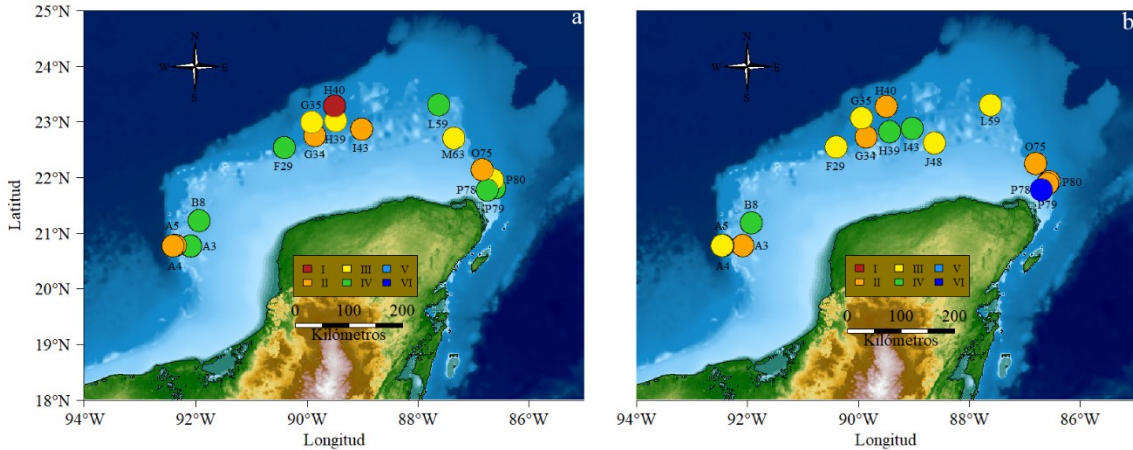


Figura 6.12. Resiliencia debida al arrastre de las comunidades megabentónicas presentes en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY), discriminadas de acuerdo con el índice RTI. a. Crucero Gomex IV (GIV), b. Crucero Gomex GV (GV).

Durante la segunda campaña de los MEPY el patrón fue diferente al observado durante el crucero GIV, ya que no fue observado el valor más alto de resiliencia, mientras que las estaciones con resiliencia baja disminuyeron en un 18% y las áreas con valores moderados aumentaron en un 12%; siendo la estación P78 la que exhibió el valor más bajo de resiliencia (VI; Figura 6.12b).

6.2.3.2 Evaluación Perdido

En el CPP los valores del índice de sensibilidad permitieron observar diferencias entre los valores de sensibilidad de la fauna capturada en los MEPY y esta zona terrígena. El CPP exhibió una elevada importancia de especies insensibles o poco sensibles, presentándose valores relativos conjuntos superiores al 80% en la mayoría de las estaciones; donde las zonas delimitadas por las estaciones D3 y F1 evaluadas durante el crucero PII, exhibieron valores relativos conjuntos mayores al 20% de especies tipo IV y V (Figuras 6.13a-b).

Durante el crucero PII fue posible registrar un 70% de fauna tolerante al arrastre, una sola estación que no se vio afectada por dichas actividades; mientras que las estaciones F1 y D3 fueron las zonas más sensibles exhibiendo valores de III Figura (6.13a). La segunda campaña del CPP cambios marcados, con un 45% de fauna insensible a las actividades de arrastre y un 55% tolerante a dicha actividad (Figuras 6.13a-b). En esta zona las estaciones D1, D2, C3 y B1 exhibieron el mismo nivel de sensibilidad en las dos evaluaciones (Figuras 6.13a-b).

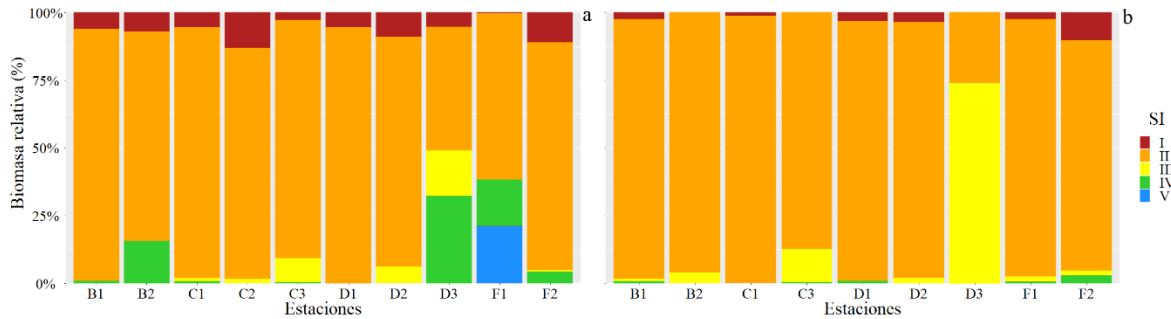


Figura 6.13. Abundancia relativa de los tipos de especies discriminadas por el índice BESITO que fueron capturadas en las campañas oceanográficas Perdido II (PII, a) y Perdido III (PIII b); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por Gonzalez-Irusta et al. (2018) y las categorías asignadas en el presente estudio. Especies insensibles (tipo I), especies tolerantes (tipo II), especies poco sensibles (tipo III), especies sensibles (tipo IV) especies muy sensibles (tipo V).

En el CPP los valores calculados del índice TDI.BESITO exhibieron un patrón similar al registrado por el índice TDI.BEAM durante las dos evaluaciones, indicando una mayor importancia del disturbio ocasionado por redes de arrastre que por otros disturbios ocasionados por actividades económicas realizadas en la masa continental o las realizadas en el margen continental o fuera del mismo (Figuras 6.14a-b, 6.15a-b).

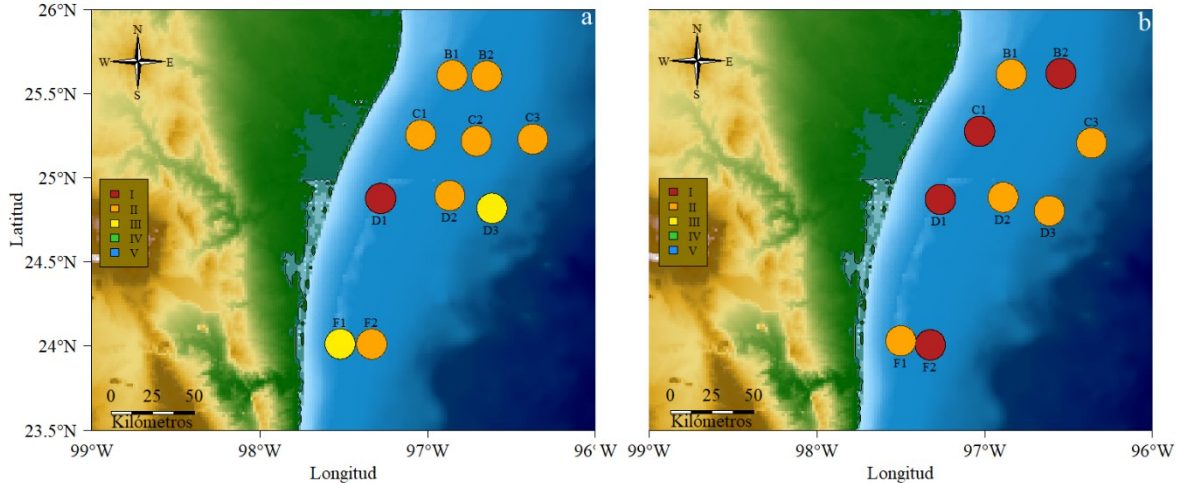


Figura 6.14. Sensibilidad de las comunidades presentes en el Cinturón Plegado Perdido (CCP), discriminadas de acuerdo con el índice TDI.BESITO. a. Crucero Perdido II (PII), b. Crucero Perdido III (PIII); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por Gonzalez-Irusta et al. (2018) y las categorías asignadas en el presente estudio. Especies insensibles (tipo I), especies tolerantes (tipo II), especies poco sensibles (tipo III), especies sensibles (tipo IV) especies muy sensibles (tipo V).

En el CPP el crucero PII exhibió comunidades con valores de resiliencia bajos a moderados (III y IV respectivamente), siendo más sensibles y por tanto menos resilientes las comunidades localizadas en el extremo norte del derrotero (Figura 6.16a). Durante el crucero Perdido III los

valores de resiliencia aumentaron, siendo posible registrar en el 44% de las estaciones valores de II y III; con un aumento en los valores en 8 de las 9 estaciones, siendo la estación D3 la zona con una evidente disminución en la resiliencia al presentar un valor de V (Figura 6.16a-b).

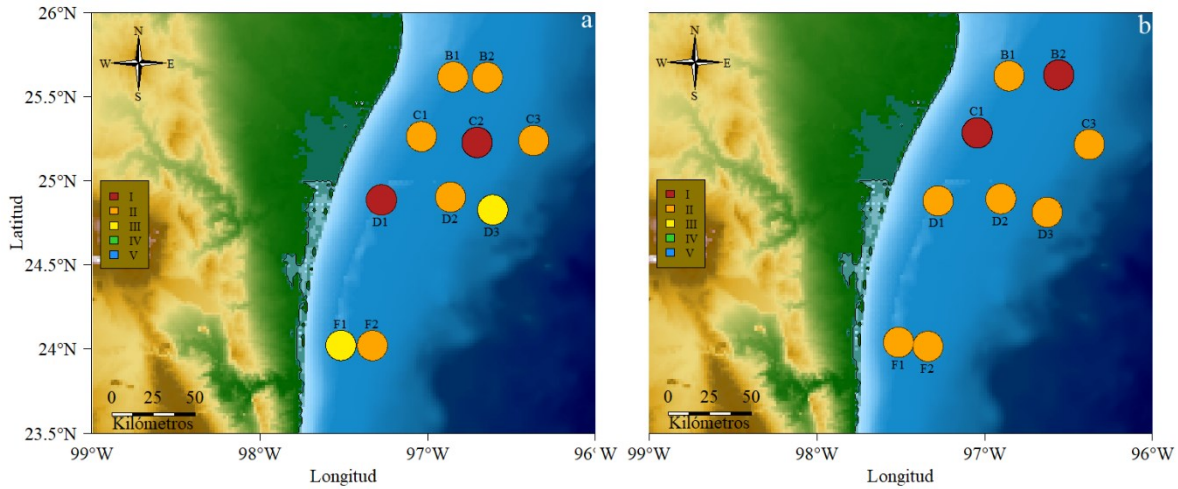


Figura 6.15. Sensibilidad de las comunidades presentes en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), discriminadas de acuerdo con el índice TDI.BESITO-AMBI (TDI.BEAM). a. Crucero Perdido II (PII), b. Crucero Perdido III (PIII); se presentan las especies de acuerdo con el código asignado por Gonzalez-Irusta et al. (2018) y orden inverso de Borja et al (2000) asignadas en el presente estudio. I: comunidades insensibles al arrastre y oportunistas de primer orden, II: especies tolerantes al arrastre y oportunistas de segundo orden, III: especies poco sensibles al arrastre y tolerantes ante disturbios, IV: especies sensibles al arrastre e indiferentes a disturbios fisicoquímicos y V: especies muy sensibles ante los dos tipos de disturbio.

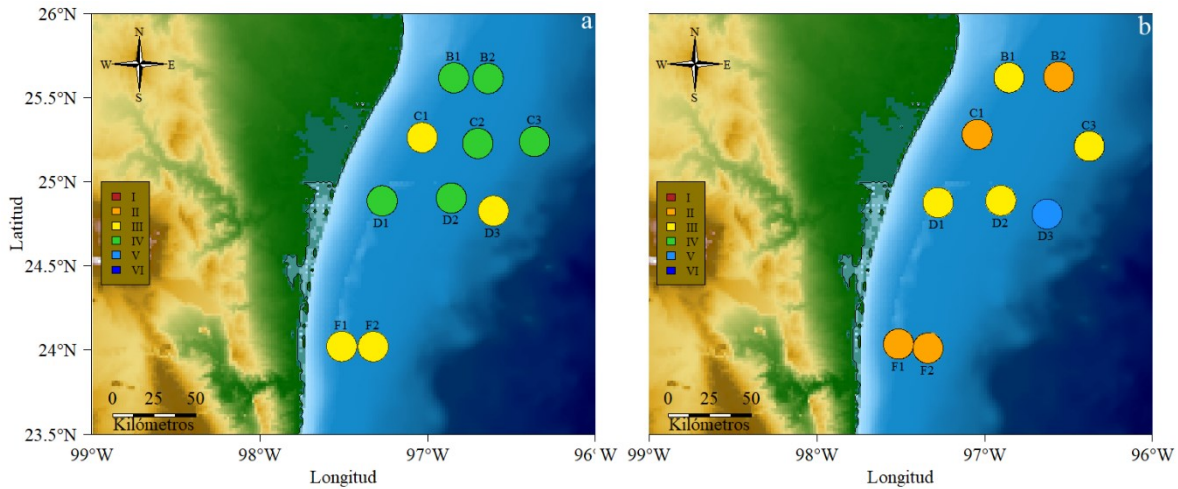


Figura 6.16. Resiliencia debida al arrastre de las comunidades megabentónicas presentes en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), discriminadas de acuerdo con el índice RTI. a. Crucero Perdido II (PII), b. Crucero Perdido III (PIII).

Tabla 6.4. Valores y escala de color de los índices AMBI, BAMBI, M-AMBI, M-BAMBI, TDI.BESITO, TDI.BEAM y RTI. Los colores corresponden a la condición establecida por los índices AMBI y M-AMBI. Color azul claro no perturbado/muy bueno, verde levemente perturbado/buen estado, amarillo ambiente en condición moderada, naranja medianamente perturbado/deficiente con especies oportunistas de segundo grado, rojo ambiente muy perturbado/malo con especies oportunistas de primer orden, azul perdida funcional.

Estación	AMBI	BAMBI	M-AMBI	M-BAMBI	BESITO	BEAM	RTI
A3.GIV	0.12	0.11	0.7	0.72	3	4	4
A4.GIV	0.38	0.17	0.61	0.6	3	3	2
A5.GIV	0.16	0.33	0.83	0.83	4	4	2
B8.GIV	0.58	1.23	0.82	0.78	4	4	4
F29.GIV	0.9	1.3	0.57	0.49	3	3	4
G34.GIV	0.32	0.37	0.67	0.67	2	3	2
G35.GIV	0.79	0.65	0.57	0.56	2	2	3
H39.GIV	0.12	0.28	0.54	0.59	2	2	3
H40.GIV	1.5	1.5	0.39	0.38	1	1	1
I43.GIV	0.08	0.12	0.64	0.59	2	3	2
L59.GIV	0.67	0.34	0.6	0.61	4	4	4
M63.GIV	0.2	0	0.59	0.47	2	2	3
O75.GIV	0.73	0.47	0.66	0.63	3	4	2
P78.GIV	0.38	0.98	0.58	0.52	2	2	4
P79.GIV	0.09	0.57	0.68	0.61	3	4	4
P80.GIV	0	0	0.53	0.52	2	2	3
A3.GV	0.83	1.06	0.64	0.55	3	4	2
A4.GV	0.3	0.19	0.66	0.66	4	4	2
A5.GV	0.38	1.95	0.74	0.56	4	4	3
B8.GV	0.64	0.96	0.75	0.77	4	4	4
F29.GV	0.63	0.53	0.8	0.79	4	4	3
G34.GV	0.98	0.57	0.77	0.78	3	4	2
G35.GV	0.44	0.6	0.82	0.84	4	4	3
H39.GV	0.67	0.17	0.93	0.9	4	4	4
H40.GV	0.22	0.22	0.74	0.7	3	3	2
I43.GV	0.45	0.94	0.93	0.92	4	4	4
J48.GV	0.33	0.13	0.84	0.78	4	4	3
L59.GV	0.56	0.23	0.77	0.7	5	5	3
O75.GV	0.95	1.01	0.69	0.7	3	4	2
P78.GV	1.09	0.62	0.58	0.54	2	2	6
P79.GV	1.03	1.14	0.58	0.55	4	4	2
P80.GV	1.18	0.64	0.53	0.56	2	2	2
B1.PII	0.07	0.14	0.86	0.83	2	2	4
B2.PII	0.88	0.59	0.82	0.86	2	2	4
C1.PII	0.85	0.12	0.78	0.79	2	2	3
C2.PII	0.04	0.28	0.79	0.78	2	1	4
C3.PII	1.09	1.25	0.84	0.75	2	2	4
D1.PII	0.06	0.12	0.86	0.84	1	1	4

Continuación tabla 6.4

Estación	AMBI	BAMBI	M-AMBI	M-BAMBI	BESITO	BEAM	RTI
D2.PII	0.16	0.42	0.89	0.92	2	2	4
D3.PII	0.96	1.11	0.86	0.84	3	3	3
F1.PII	0.45	0.91	0.83	0.79	3	3	3
F2.PII	0.39	0.39	0.88	0.91	2	2	3
B1.PIII	0.05	0.08	0.92	0.85	2	2	3
B2.PIII	0	0	0.76	0.72	1	1	2
C1.PIII	0.07	0.02	0.89	0.82	1	1	2
C3.PIII	0.3	0.09	0.86	0.85	2	2	3
D1.PIII	0.12	0.13	0.89	0.89	2	2	3
D2.PIII	0.02	0.07	0.82	0.84	2	2	3
D3.PIII	0.28	1.22	0.81	0.69	1	2	5
F1.PIII	0.4	0.24	0.92	0.93	2	2	2
F2.PIII	0.9	0.35	0.82	0.84	2	2	2

En términos globales, los índices de sensibilidad ante las actividades de arrastre no exhibieron diferencias entre los valores aportados ($Z = -0.54, p = 0.59$); sin embargo, las fluctuaciones entre los cruceros GIV y GV, permitieron establecer diferencias en los valores de los índices TDI.BESITO y TDI.BEAM en los MEPY ($Z = -2.76, p < 0.01$; $Z = -2.47, p = 0.01$; Tabla 6.4), mientras que los valores de RTI se mantuvieron al interior del mismo rango de fluctuación entre evaluaciones ($Z = 0.33, p = 0.74$).

En el CPP los valores de los índices TDI.BESITO y TDI.BEAM no fluctuaron al interior de rangos de valores diferentes ($Z = 1.64, p = 0.10$; $Z = 0.79, p = 0.42$), mientras que los valores del índice RTI registrados en los cruceros PII y PIII presentaron dichas diferencias ($Z = 2.34, p = 0.02$; Tabla 6.4).

6.2.4 Relación entre los índices biológicos y las variables ambientales

En términos generales la estructura de la comunidad en términos de abundancia y biomasa de las especies exhibió la misma tendencia registrada en términos ambientales, siendo variables oceanográficas los factores determinantes en la zona de los MEPY (Figuras 6.17a-b). En el CPP el $n\text{-C}_{25}$ y los PAHst fueron las variables ambientales responsables del patrón global del área (Figuras 6.17a-b).

En términos de biomasa, la temperatura y la profundidad fueron las variables que más influenciaron la comunidad distribuida en los MEPY (Figura 6.17c-d), mientras que fueron los PAHst, la densidad y el n -C₂₅, las variables con mayor influencia sobre la fauna presente en el CPP (Figura 6.17c-d).

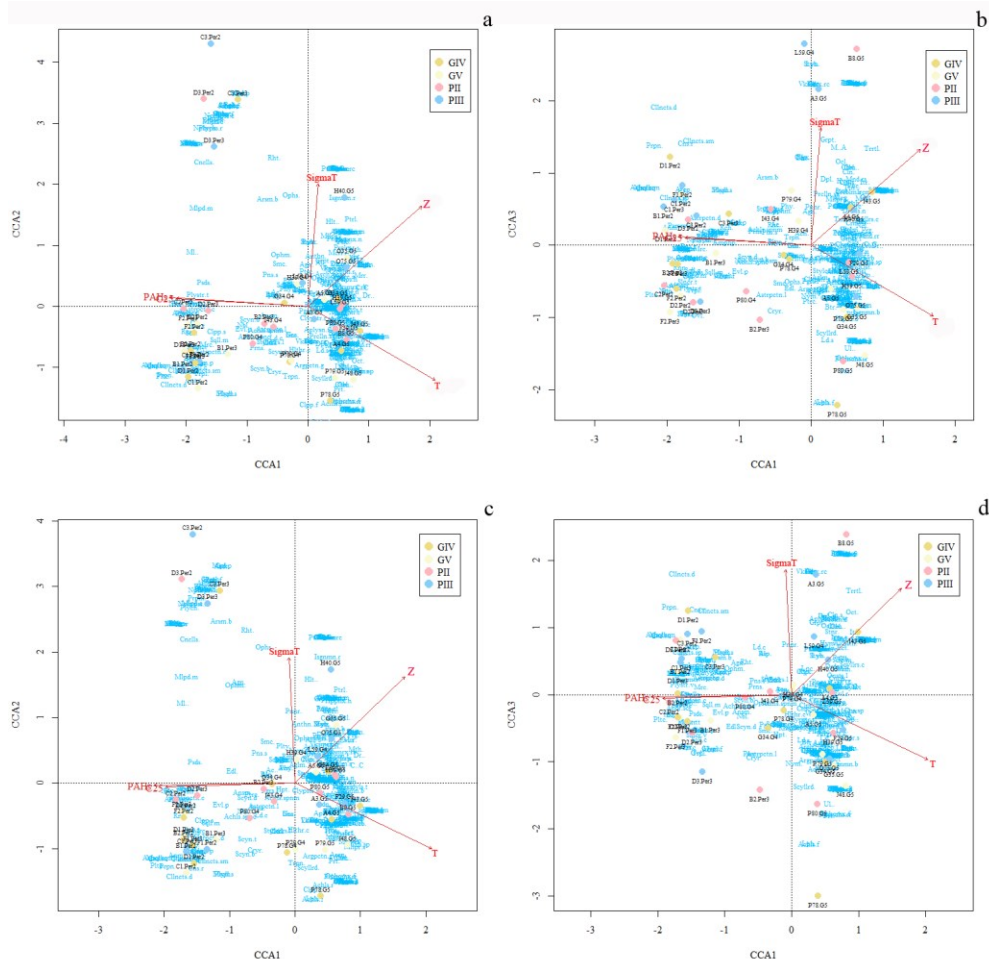


Figura 6.17. Análisis de correspondencia canónica realizado a partir de los atributos comunitarios básicos y las variables ambientales evaluadas en los cruces oceanográficos Gomex IV (GIV), Gomex V (GV), Perdido II (PII) y Perdido (PIII). a-b. Componentes uno-dos y uno-tres en términos de abundancia, c-d. Componentes uno-dos y uno-tres en términos de biomasa.

6.2.4.1 Evaluación Gomex

Durante el crucero Gomex V los valores del AMBI exhibieron relaciones directas con la longitud y la clorofila de fondo, mientras que con los hidrocarburos alifáticos y aromáticos presentaron relaciones inversas (Figura 6.18a). Las especies sensibles exhibieron relaciones directas con el n -C₁₀ y tres hidrocarburos aromáticos (Figura 6.18a), el grupo de especies tolerantes exhibieron relaciones inversas con dichos compuestos, siendo directa su relación con la clorofila de fondo

(Figura 6.18a); entre tanto, el grupo IV fue influenciado por las características texturales del sedimento, inversa su relación con el porcentaje de arenas y directa con las concentraciones de n -C₁₉ (Figura 6.18a)

Durante el crucero GV el índice BAMBI presentó relaciones directas con el n -C₃₂ y el n -C₃₄, mientras que inversa fue su relación con la latitud y el porcentaje de áreas gruesas (Figura 6.18a). En términos de biomasa las especies muy sensitivas exhibieron relaciones inversas con los hidrocarburos y directas con la latitud, mientras que las oportunistas de segundo orden exhibieron relaciones directas con los porcentajes de limos, el tamaño medio de grano, la mediana de distribución de granos y el n -C₁₉ (Figura 6.18a).

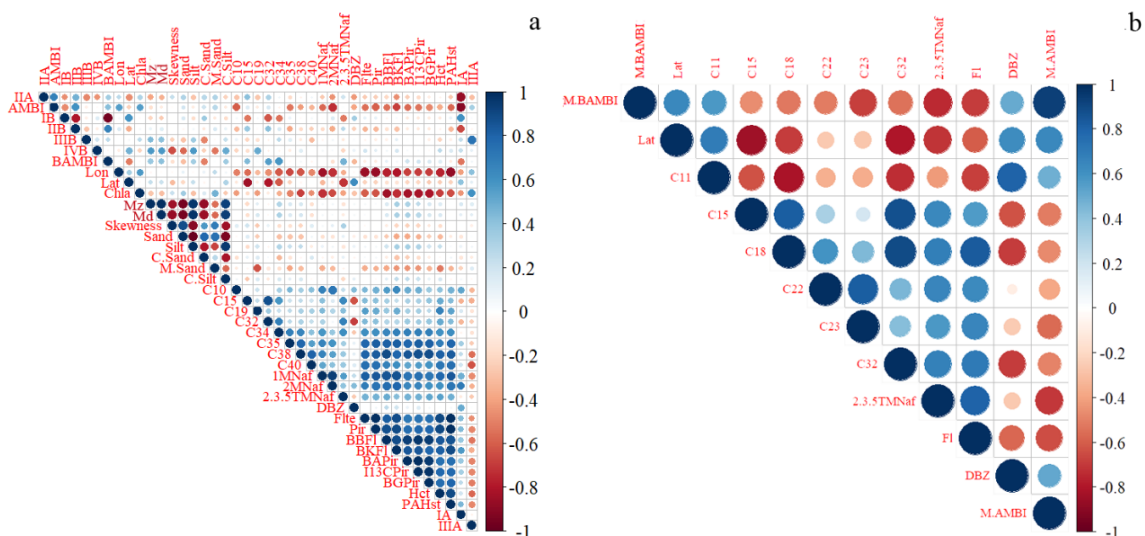


Figura 6.18. Análisis de correlación de Spearman entre los índices bióticos y las variables ambientales, la información corresponde al crucero Gomex V (GV). a. Índices AMBI y BAMBI, b. Índices M-AMBI y M-BAMBI.

Durante la segunda campaña realizada en los MEPY los dos índices M-AMBI y M-BAMBI presentaron relaciones directas con la latitud, el n -C₁₁ y el dibenzotiofeno; mientras que relaciones inversas fueron registradas con un conjunto de 7 hidrocarburos, siendo mayoritariamente alifáticos dichos compuestos (Figura 6.18).

6.2.4.2 Evaluación Perdido

En el CPP el índice AMBI y el $n\text{-C}_{16}$ exhibieron una única relación directa, mientras su relación fue inversa con un conjunto de 6 compuestos alifáticos y aromáticos (Figura 6.19a). Las especies sensitivas exhibieron relaciones directas con el $n\text{-C}_{15}$, $n\text{-C}_{30}$, $n\text{-C}_{31}$ y $n\text{-C}_{32}$, junto al 2,6-dimetilnaftaleno y el 2,3,5-trimetilnaftaleno (Figura 20a); patrón que fue inverso al exhibido por las especies indiferentes a disturbios. Entre tanto, las especies tolerantes presentaron relaciones inversas con la salinidad y el $n\text{-C}_{12}$, $n\text{-C}_{24}$, la UCM y tres especies químicas del naftaleno (Figura 6.19a), mientras que los oportunistas de segundo orden exhibieron relaciones directas con la salinidad e inversas con el fluoranteno (Figura 6.19a).

Durante el crucero PII el índice BAMBI presentó relaciones directas con la profundidad y la densidad, mientras que las relaciones exhibidas con los hidrocarburos fueron inversas (Figura 6.19a). Las especies muy sensitivas exhibieron patrones inversos al registrado por el índice BAMBI, siendo las especies indiferentes el grupo ecológico que presentó el mismo patrón observado por el índice. Entre tanto las especies tolerantes presentaron una relación directa con la concentración del fluoranteno, patrón inverso al observado en las especies oportunistas de segundo grado ($\rho > 0.5$ y $p < 0.05$; Figura 6.19a).

En la segunda campaña los valores de AMBI exhibieron relaciones inversas con la latitud y el $n\text{-C}_{12}$, siendo directa su relación con el $n\text{-C}_{25}$, $n\text{-C}_{29}$ y $n\text{-C}_{31}$. Las especies muy sensitivas presentaron un patrón diferente al registrado en la evaluación anterior, con relaciones directas con la latitud y el $n\text{-C}_{12}$, e inversa con el $n\text{-C}_{25}$, $n\text{-C}_{29}$ y $n\text{-C}_{31}$; mientras que las especies indiferentes presentaron relaciones directas con el porcentaje de arenas y 5 compuestos alifáticos ($n\text{-C}_{13}$, $n\text{-C}_{29}$, $n\text{-C}_{30}$, $n\text{-C}_{31}$ y $n\text{-C}_{37}$), siendo inversa la relación con el porcentaje de limos (Figura 6.19b); entre tanto, las especies tolerantes exhibieron relaciones inversas a la profundidad y directas a los hidrocarburos (Figura 6.19b).

En el crucero PIII los valores del índice BAMBI, cinco hidrocarburos alifáticos y el cadmio presentaron relaciones directas, mientras que fue inversa la relación con la longitud y el porcentaje de limos. Dicho patrón fue inverso en las especies muy sensitivas (Figura 6.19b). Las especies indiferentes exhibieron un patrón similar al del índice, aunque con un número menor de

compuestos; mientras que las especies tolerantes exhibieron relaciones directas con el n -C₂₄, n -C₃₂, n -C₃₉, el criseno y el benzo(a)pireno (Figura 6.19b).

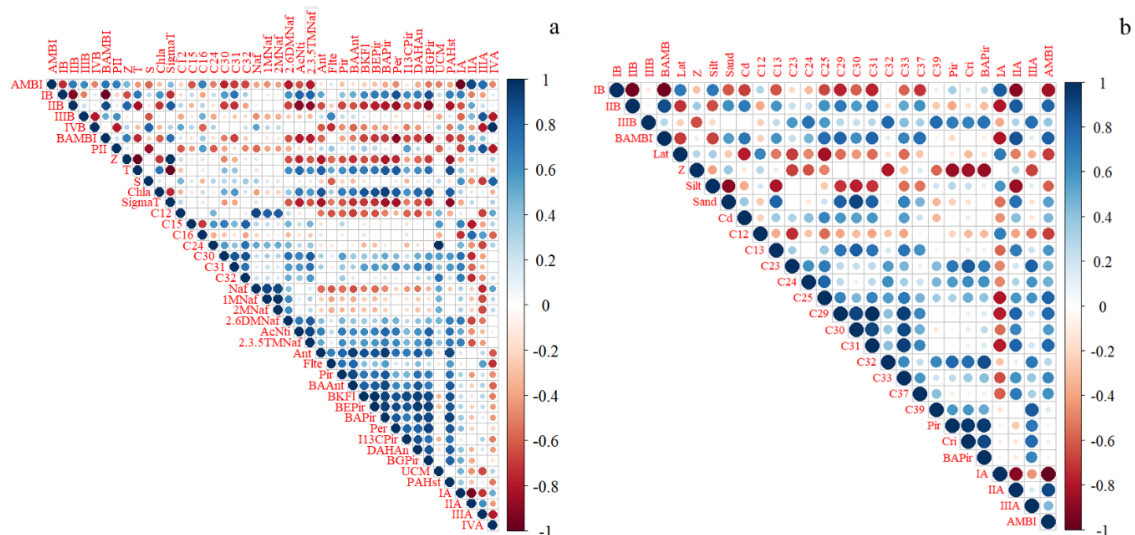


Figura 6.19. Análisis de correlación de Spearman entre los índices AMBI y BAMBI y las variables ambientales medidas durante los cruces oceanográficos Perdido II (PII) y Perdido III (PIII), a. Crucero oceanográfico PII, b. Crucero oceanográfico PIII.

En el CPP relaciones directas entre los índices M-AMBI y M-BAMBI con los hidrocarburos alifáticos, el 1-metilfenantreno y las UCM (Figura 6.20a). Durante la segunda campaña estos índices exhibieron relaciones directas con los compuestos n -C₁₇, n -C₁₉, n -C₃₉; sin embargo, el M-AMBI presentó relaciones directas con un mayor número de hidrocarburos, además de presentar relaciones directas con la temperatura y el porcentaje de arcillas (Figura 6.20b).

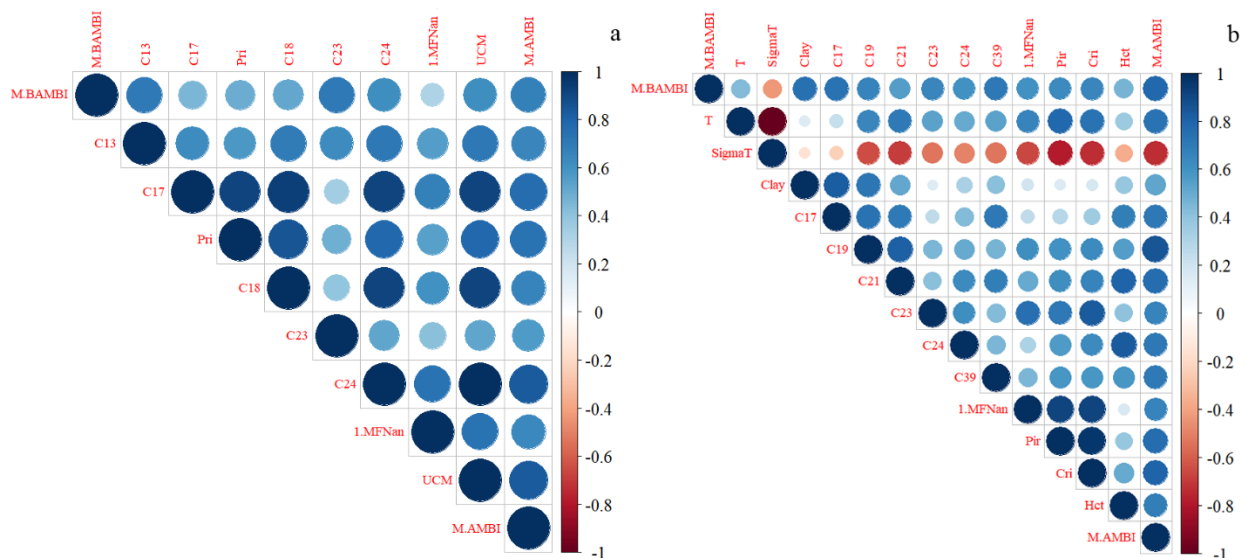


Figura 6.20. Análisis de correlación de Spearman realizado con los valores calculados del índice M-AMBI para la fauna evaluada durante los cruces oceanográficos Perdido II (PII), Perdido III (PIII), a. Crucero oceanográfico PII, b. Crucero oceanográfico PIII.

6.2.5 Relación entre los índices de sensibilidad ante actividades de arrastre con las variables ambientales

Durante el crucero GV, los índices BESITO y BEAM exhibieron relaciones inversas con las cantidades porcentuales de arenas y la asimetría del sedimento, mientras que la relación con el tamaño medio de grano, el porcentaje de limos y el n -C₂₁. El índice RTI no presentó relaciones con las variables ambientales (Figura 6.21a).

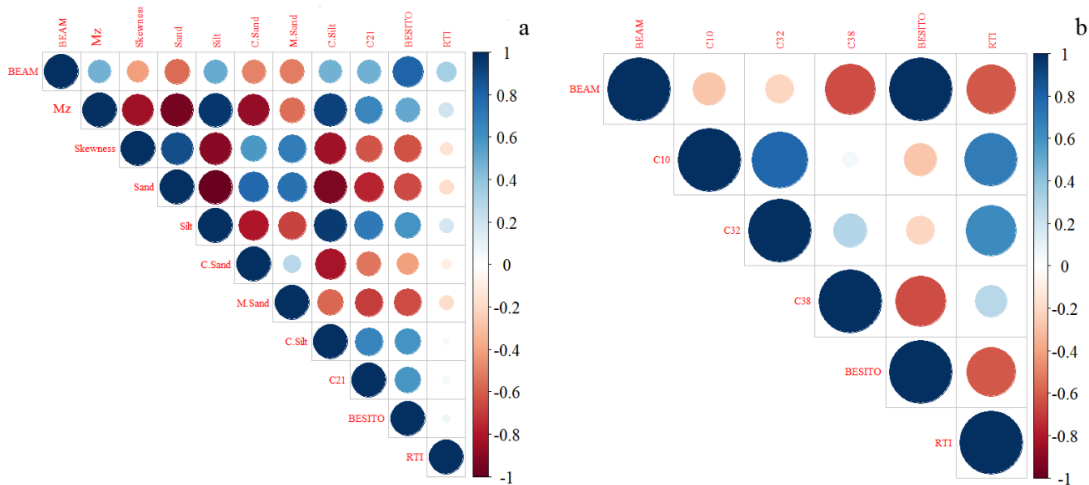


Figura 6.21. Análisis de correlación de Spearman entre los índices de sensibilidad y resiliencia TDL.BESITO, TDL.BEAM y RTI y las variables ambientales. a. crucero Gomex V (GV), b. Crucero oceanográfico Perdido II (PII).

En el CPP durante el crucero PII fue posible determinar una relación inversa entre el n -C₃₈ y los índices BESITO y BEAM; mientras que el índice RTI presentó relaciones directas con el n -C₁₀ y n -C₃₂ (Figura 6.21b). En el crucero PIII el índice BEAM exhibió una relación inversa con el porcentaje de limo en el sedimento ($p=-0.72$).

6.3 Discusión

6.3.1 Caracterización ambiental

El análisis de componentes principales permitió evidenciar una baja concentración de los hidrocarburos evaluados durante el presente estudio en los MEPY; lo cual es atribuible a la naturaleza kárstica del suelo de esta área, junto al efecto de transporte de los sustratos móviles ejercido por la corriente de Yucatán, siendo en conjunto responsables de los valores bajos de

materia orgánica en dicha área, donde se producen procesos de transporte y erosión a lo largo de la PCPY (Salles et al. 2012, Ward et al. 2017).

La concentración de clorofila presentó un patrón de influencia restringido a estaciones localizadas en los sectores central y este de las dos campañas, patrón atribuido a las fechas de muestreo de los dos cruceros (abril y agosto de 2016), en las cuales se presenta la surgencia en la PCPY (Reyes-Mendoza et al. 2016).

En el CPP los hidrocarburos alifáticos exhibieron mayor influencia como resultado de su acumulación auspiciada por la naturaleza terrígena, dominancia de arenas, presencia de lodos en sus sedimentos y valores de materia orgánica (Botello et al. 2005, Ward et al. 2017), junto a los aportes continentales provenientes de lagunas costeras y emanaciones naturales de hidrocarburos presentes en el área (esto evidenciado durante la campaña PIII).

6.3.2 Evaluación de los índices AMBI y M-AMBI

Durante la presente evaluación fue posible establecer la elevada presencia de especies sensitivas en términos de presencia-ausencia, abundancia y biomasa, permitiendo establecer la ausencia de disturbio en 45 de las 51 estaciones evaluadas (Rosenberg et al. 2004), mientras que las estaciones B8, F29, H40 en los MEPY y D1 y D3 del CPP áreas levemente perturbadas.

La condición registrada en los MEPY en términos del índice M-AMBI diferentes a las reportadas por Santibañez-Aguascalientes et al.(2020), quienes calcularon el índice M-AMBI de la comunidad macrofaunal, estableciendo buenas y muy buenas condiciones en áreas aledañas a las estaciones B8, F29 y G34, respectivamente (Tabla 6.4); dado que durante los cruceros GIV y GV la estación B8 exhibió condiciones buenas y muy buenas, siendo bueno y muy bueno en el caso de la estación F29, mientras que la estación G34 durante las dos evaluaciones mantuvo una condición buena (Figura 6.25a-b; Tabla 6.4).

En términos de M-BAMBI la condición de los MEPY fue menor a la registrada en términos de abundancia del presente estudio y el reportado por Santibañez-Aguascalientes et al.(2020), indicando la presencia de factores que influyen el flujo de energía, beneficiando los niveles

tróficos inferiores (Pearson & Rosenberg 1978), a lo cual es atribuible los estados deficientes en la estación H40 (Tabla 6.4; Figuras 5.7a y 5.8a).

La presente investigación permitió establecer al conjunto de organismos superficiales y sésiles, mayoritariamente predadores, omnívoros y filtradores, de talla mediana a grande, flexibles y esperanzas de vida entre 1 y 50 años, como especies sensitivas ante disturbios antropogénicos ajenos a la pesca; mientras que las especies insensibles en dichos términos fueron mayoritariamente medianas, móviles superficiales, predadores y omnívoros, flexibles y el mismo rango de edad de las especies sensibles.

Las especies tolerantes exhibieron tamaños medianos, sésiles permanentes, sin estructuras protectoras, baja flexibilidad y mayoritariamente filtradores; entre tanto, las especies oportunistas de segundo orden presentaron tamaños pequeños, esperanzas de vida iguales o inferiores a 5 años, excavadores y con estructuras de protección fuertes, no flexibles, emergentes y mayoritariamente filtradores.

Las áreas que exhibieron estados ecológicos levemente perturbados de acuerdo con los índices AMBI y BAMBI, presentaron valores bajos de abundancia y biomasa; siendo esto un patrón conjunto para estaciones con condiciones ambientales diferentes, de acuerdo con las importancias relativas de cada grupo ecológico (Figuras 6.3a-b y 6.4a-b). La estación B8 evaluada en el crucero GIV presentó un conjunto de especies I y III, donde los procesos que acumulación de contaminantes que favorecen a las especies tolerantes, no ha ocasionado el desplazamiento por exclusión competitiva a las especies sensitivas e indiferentes (Martin et al. 2011, Mazzoni et al. 2014).

Durante el crucero GV la estación A5 exhibió una abundancia relativa de especies inversa a la registrada en la estación B8 (Figura 6.3b), siendo un área con características ambientales que favorecen a las especies tolerantes, lo cual podría haber sido auspiciado por presentar menor cantidad de oxígeno (Anexo capítulo II, Tabla 9.4; Rees et al. 1991, Borja et al. 2000, Young et al. 2014, Ward et al. 2017).

En las estaciones F29 y H40 evaluadas durante el crucero GIV y las estaciones C3 y D3 evaluados en los cruceros PII y PIII, presentaron un estado levemente perturbado por la presencia exclusiva

o porcentajes mayores al 64% de especies indiferentes al disturbio (*e.g. Tedania ignis, Comactinia echinoptera, Cancellus ornatus*); debido a su morfología y estilo de vida específico (*e.g.* filtradores y carnívoros no selectivos), generalmente presentan bajas densidades sin variaciones temporales y amplia distribución (Grall & Glemarec 1997, Carballo & Naranjo 2002, Simboura & Zenetos 2002, Vergnon & Blanchard 2006).

Las zonas levemente contaminadas suelen presentar fauna específica que también se distribuye en áreas no perturbadas, las cuales suelen exhibir mayor cantidad de especies y estar localizadas en inmediaciones de zonas moderadamente perturbadas (Rees et al. 1991, Nonova & Tosheva 2016, Xu & Xu 2017, Xu et al. 2018); siendo esta última condición la única que no fue registrada en términos del índice AMBI en la zona evaluada. Dicho patrón indica necesariamente la ausencia de estas zonas los MEPY y del CPP, indicando la necesidad de continuar realizando este tipo de evaluaciones, con un mayor número de estaciones asegurando mayor esfuerzo muestral.

Aunque el esfuerzo muestral del presente estudio está dentro del rango para comunidades megabentónicas, los resultados aportados por las medidas de diversidad funcional generadas a partir del uso de los datos de abundancia y biomasa indican mayor confiabilidad de estos últimos; siendo esto una tendencia generalizada al momento de detectar disturbios físicos, presencia de sustancias tóxicas, explotación de especies de importancia comercial y fluctuaciones en la energía del sistema (Salas et al. 2006a, Bissoli & Bernardino 2018).

La ausencia de diferencias entre las medidas obtenidas a partir de los índices AMBI y el BAMBI, junto al mayor nivel de detección en términos de biomasa de perturbaciones, podría indicar que disturbios físicos fueron los responsables de los valores obtenidos; ya que ante dichos eventos la colonización, sucesión o competencia por nuevos recursos, no siempre beneficia a las especies oportunistas (Borja et al. 2019), siendo este factor responsable de los tres patrones registrados en las estaciones levemente perturbadas.

Ante la ausencia de diferencias entre los resultados aportados por la abundancia y biomasa sería lógico optar por cualquiera de estas variables. Sin embargo, en estas comunidades es recomendable realizar este tipo de evaluaciones a partir de la biomasa, teniendo en cuenta los resultados obtenidos y la confiabilidad aportada por el AMBI debida al uso grupo ecológicos por especie (Borja et al.

2014, 2019), aunado a la presencia de réplicas (2 en el caso de comunidades macrofaunales); las cuales no fueron contempladas en el presente estudio y convertiría el muestreo de comunidades megabentónicas en la principal fuente de perturbación, siendo las maniobras con redes de arrastre una actividad que no ha sido llevada a cabo en los MEPY desde finales de 1990 (Salas et al. 2006c).

En este mismo sentido, la necesidad de establecer los términos de referencia para el índice M-AMBI, delimitan los resultados aportados por esta herramienta a pesar de la robustez de la información que aporta (Sigovini et al. 2013, Santibañez-Aguascalientes et al. 2020), dado que los mismos fueron establecidos utilizando la información obtenida en la presente evaluación; sin embargo, al igual que en el índice AMBI, el aumento del número de arrastres implicaría la homogenización del suelo marino por complejidad estructural del hábitat (Thrush et al. 2006, Rijnsdorp et al. 2016), generando daños a largo plazo en los MEPY y en corto plazo en el CPP debido a las diferencias estructurales de sus sustratos.

En este punto cabe aclarar que la información aportada por los índices bióticos es de carácter preliminar, sin que esto implique que los resultados obtenidos estén sesgados, estando fundamentado en los modelos de respuesta al estrés sobre los cuales fueron desarrollados (Borja et al. 2014), donde las especies sésiles o sedentarias infaunales exhibirían respuestas perceptibles en el material colectado (Gray et al. 1990, Gray & Elliott 2009); mientras que la ausencia y cambios en la distribución de especies motiles permitiría evidenciar perturbaciones, ampliando el uso de estos índices en zonas someras y video transectos realizados buceo autónomo, reduciendo la fase de laboratorio pero siendo necesario tener un amplio conocimiento de las especies o el desarrollo de herramientas de inteligencia artificial (IA) enfocadas en la identificación por homologación de imágenes.

Los dos aspectos de los índices bióticos registrados en el presente estudio (disturbio y condición ecológica), fueron congruentes en la mayoría de los casos, con ciertas particularidades, sin llegar a ser antagonistas (Tabla 6.4). Entre tanto, el BAMBI reportó la presencia de leves disturbios evidenciados en las características intrínsecas de las especies y valores de biomasa relativa, el M-BAMBI discriminó áreas como las estaciones B8, H40 y F29 como zonas con condiciones muy buenas a deficientes, siendo la estación F29 un área con condiciones moderadas producto de los

atributos comunitarios contemplados por el M-BAMBI, los cuales expresan la heterogeneidad del hábitat al contemplar los índices de diversidad local.

6.3.3 Relación entre los índices biológicos y las variables ambientales

En términos de abundancia y biomasa al igual que lo evidenciado por las pruebas LINKTREE obtenidas a partir el BIOENV presentadas en el capítulo III, las condiciones ambientales que determinan la fauna de la zona profunda del CPP son diferentes a los factores que influyen la distribuida al interior de la zona de plataforma continental, que en términos del BIOENV y LINKTREE fueron la profundidad y salinidad para la abundancia, mientras que para la biomasa fue el $n-C_{37}$.

El gradiente ambiental observado entre las dos áreas evaluadas en la zona de plataforma está determinado por la concentración de $n-C_{25}$ que al ser aportado por desechos de plantas acuáticas continentales (Klaus-Gerhard et al. 2004), evidencia del subsidio de energía continental hacia las áreas evaluadas.

Uno de los patrones registrados a lo largo de este estudio, es la ausencia de perturbaciones debidas a las concentraciones de los hidrocarburos almacenados en los sedimentos, siendo la presencia de los compuestos aromáticos policíclicos evidencia de aportes de continentales y/o transporte de hidrocarburos a través del Estrecho de Yucatán (López-Macias et al. 2019); mientras que los compuestos alifáticos hacen evidente la presencia de fuentes autóctonas y alóctonas de carbono en las áreas evaluadas.

La relación entre las variables ambientales, el índice AMBI en los MEPY y durante el crucero PII fue paradójica; teniendo en cuenta que fueron registradas relaciones inversas con hidrocarburos aromáticos policíclicos, siendo necesario explorarla a través en términos de concentración de tejidos, teniendo en cuenta las concentraciones inferiores a los valores de referencia aportados por Buchman (2008), a fin de establecer la naturaleza de un posible patrón espurio. Entre tanto, la relación con los hidrocarburos alifáticos es atribuible a ser una fuente de alimento directo (*e.g.* suspensívoros, sedimentívoros) o indirecto (predación de fauna que se alimenta de dichas fuentes).

Dicho patrón podría ser atribuido en los MEPY a la distribución de las estaciones con respecto a las zonas de infiltraciones de aguas subterráneas presentes en los márgenes continentales de la península y la zona este, donde se encuentra el punto de surgencia (Escolero et al. 2005, Perry et al. 2015, Ruiz-Castillo et al. 2016). Entre tanto, en el CPP (cruce PII), son atribuibles a los aportes continentales provenientes de zonas aledañas al área, debido al transporte advectivo lateral reportado por Zavala-Hidalgo et al. (2003).

Los patrones exhibidos a nivel de grupos ecológicos en los cruceros GIV, GV y PII, se atribuyen a la ausencia de niveles elevados en la concentración de los individuos; siendo la relación inversa entre las especies del grupo GIII con la salinidad poco relevante debido al estrecho rango de fluctuación de esta variable (entre 36.22 a 36.34). Entre tanto, la relación inversa con la profundidad es atribuible a la distancia exhibida con respecto a la línea de costa y por tanto a los escasos aportes continentales, siendo este tipo de relación reportada en los valores de AMBI evaluados en el sector oeste y plataforma continental del Golfo de Campeche (Santibañez-Aguascalientes et al. 2018); mientras que las especies tolerantes fueron beneficiadas por la presencia de arenas muy finas y medias transportadas por diferentes mecanismos y fluctuación en la energía cinética (Spalletti & Guitierrez 1976), lo cual determina su tendencia leptocúrtica y la deposición de materia orgánica y en la zona este de los MEPY.

En el cruce PIII los patrones registrados entre las variables ambientales y el índice AMBI fueron muy diferentes al no incluir compuestos aromáticos (Figura 6.19b), dada la naturaleza orgánica vegetal de los aportes continentales presentes en el área (Klaus-Gerhard et al. 2004); factor que favorecería la presencia de especies oportunistas en la zona (Figura 6.19b), mientras que altas concentraciones de compuestos aportados por producción planctónica beneficiarían la presencia de especies sensitivas (Libes 2009).

Los valores más altos del índice BAMBI registrados en el cruce GIV responde al almacenamiento del carbono proveniente de la producción primaria de microalgas y bacterias (Grimalt & Albaigés 1987, Benkendorff 1999), en las arenas medias, finas, muy finas, con mayor presencia de granos finos; aunque podría argumentarse que esta relación no refleja la completa variabilidad de los MEPY, al estar restringida a las estaciones G34, H39, I43, L59, P78, P79 y P80.

El patrón anteriormente mencionado resulta consistente y confiable, ya que estas arenas cuentan con menos espacios intersticiales y mayor capacidad de acumular carbono (Folk 1966); siendo la relación inversa entre las arenas gruesas con los valores de BAMBI registrada en el crucero GV, resultado de la escasa capacidad de este tipo de sedimento para almacenar carbono (Folk 1966), indicando la persistencia temporal dicho patrón. Mientras que la relación inversa con la latitud hace evidente una menor interacción entre aportes continentales y la megafauna bentónica.

Las especies sensitivas presentes en los MEPY exhibieron patrones congruentes al presentar relaciones inversas con hidrocarburos aromáticos policíclicos de 2 a 4 anillos (Libes 2009, Kunihiro et al. 2013). Las especies tolerantes presentaron valores más elevados en zonas menos profundas, con mayor cantidad porcentual sedimentos finos que tradicionalmente favorece las especies oportunistas, siendo esto una particularidad del área; mientras que las arenas favorecen las del grupo ecológico II.

Aunque los hidrocarburos hallados en el CPP no presentaron concentraciones perjudiciales para la fauna evaluada, fueron registradas relaciones inversas entre dichas variables y el índice BAMBI; patrón atribuible a la distribución de los valores del conjunto de variables en el gradiente batimétrico. Entre tanto, en la zona profunda la mayor fuente de disturbio es atribuible a disturbios físicos asociados con la disponibilidad de alimento. Lo cual es reforzado por las relaciones inversas exhibidas entre hidrocarburos, la salinidad y los grupos ecológicos II y III. Entre tanto, la escasa representación de especies oportunistas en el CPP hace poco confiable las relaciones exhibidas por dichas especies con las variables ambientales.

Las relaciones observadas entre los índices M-AMBI y M-BAMBI en los MEPY son atribuibles a la distribución de las estaciones y los hidrocarburos policíclicos, con los cuales presentaron relaciones directas e inversa con el n -C₂₃, siendo esto contradictorio, cual requiere ser evaluado con un conjunto de datos más grande, dado que los dos compuestos son aportados por fuentes continentales (Binark et al. 2000, Birgel et al. 2004, Sanchez 2007).

En el CPP el patrón registrado por los índices M-AMBI y M-BAMBI permite establecer mejores condiciones en la zona de plataforma con respecto a la zona profunda, sin que este patrón

represente un sostenido temporalmente, el cual fue mucho más claro en el índice M-BAMBI que los tres índices restantes.

6.3.4 Índices de sensibilidad al arrastre

A lo largo del presente estudio se ha resaltado el papel que cumplen las especies autogénicas en comunidades megabentónicas, así como los beneficios que aportan los restos de especies móviles y sedentarias capturadas. Sin embargo, los datos aportados y discutidos en esta investigación resultan de la selectividad de la red utilizada, junto a la capacidad de la fauna móvil y flexible de evadirla (González-Irusta et al. 2018); siendo la heterogeneidad del suelo de los MEPY un factor que contribuyó a dicho proceso, al punto de ocasionar la pérdida de este tipo de dispositivos durante la fase de muestreo.

Aunque típicamente los poríferos y cnidarios son considerados los grupos más sensitivos al disturbio ocasionado por actividades de arrastre, debido a ser sésiles, encontrarse adheridos al sustrato, ser longevos y presentar tamaños grandes (Snelgrove 1999, Turner et al. 1999, Pitcher et al. 2015, Buhl-Mortensen & Buhl-Mortensen 2018), el índice de sensibilidad por especie BESITO permitió discriminar a miembros de la malacofauna (*e.g. Atrina serrata*), como especies sensibles a las maniobras de arrastre, debido a que exhibieron talla mediana a grande, son longevas, frágiles, poco flexibles y filtradores.

Una de las características evidentes en la megafauna evaluada, fue la presencia generalizada de organismos de tamaño mediano. Dicha característica fue evidente en las especies sensibles capturadas en las áreas evaluadas, conformadas por briozoos, cnidarios, poríferos, bivalvos y una escasa presencia de gasterópodos que presentaron esperanzas de vida entre 10 a más de 50 años, baja o nula flexibilidad, con ausencia de estructuras de protección, mayoritariamente sésiles permanentes y filtradores; patrón que difiere al registrado en la costa norte de España, donde estas especies exhiben menos heterogeneidad en términos de modalidades funcionales y exhiben esperanzas de vida inferiores (González-Irusta et al. 2018).

Por su parte las especies tolerantes e insensibles al arrastre se caracterizaron por exhibir esperanzas de vida menores a 5 años con un máximo de 10, ser móviles, de distribución superficial, muy flexibles, poseer estructuras fuertes y ser predadores.

En los MEPY en términos de sensibilidad local, el índice TDI.BESITO permitió observar diferencias en la distribución de la fauna sensible a la perturbación producida por el arrastre entre evaluaciones (Figura 6.11a-b); siendo una herramienta imprescindible para limitar actividades similares, definir las zonas más vulnerables en términos de comunidades megabentónicas y permitir establecer el escaso efecto de perturbador ocasionado por muestreos previos, evidente en el aumento del nivel de sensibilidad local entre evaluaciones (Figuras 6.11a-b). Dicho resultado contrasta con la información aportada por las curvas ABC en el presente estudio, indicando la necesidad de establecer los niveles de sensibilidad ante el arrastre de las comunidades evaluada antes de proceder a realizar comparaciones espacio temporales.

El índice TDI.BESITO permitió establecer mayores niveles de sensibilidad en comunidades compuestas por especies con diferentes niveles de sensibilidad ante perturbaciones, con respecto aquellas compuestas por especies con niveles de sensibilidad homogéneos (Figuras 6.9-6.11); siendo las áreas heterogéneas más importantes por la interacción de múltiples historias de vida que estructuran de manera simultánea el hábitat y la comunidad (Turner et al. 1999, Sewell & Hiscock 2005). En los MEPY las características estructurales del hábitat favoreció la persistencia de los niveles de sensibilidad de las estaciones A3, A5, B8, O75, P78 y P80, manteniendo los rangos en los niveles de sensibilidad local (Sebens 2012, Rufino et al. 2017).

En el CPP se observó un patrón similar al anteriormente mencionado en los MEPY, en las estaciones B1, C3, D2 y F2; mientras que la disminución del nivel de sensibilidad en otras estaciones no puede adjudicarse al crucero PII, debido a las actividades de pesca de arrastre área y al menor nivel de disturbio exhibido en sustratos móviles (Kaiser et al. 1998, Thrush & Dayton 2002, Wehrtmann et al. 2012). En el CPP la estación D3 probablemente fue la única zona afectada por el muestreo anterior al estar por fuera del rango batimétrico reportado para estas maniobras (Figuras 6.12a-b).

En el CPP producto de un cambio y aumento en el rango de distribución geográfico de las especies *M. campechiensis* y *P. brevifrons* se registró un aumento en el nivel de sensibilidad en la estación D1, siendo este un patrón atípico para esta zona, dentro del conjunto de datos contemplados en el presente estudio.

En términos de disturbio conjunto, la ausencia de diferencias entre los índices TDI.BESITO y TDI.BEAM permitirán el uso de este último en las áreas evaluadas; sin embargo, hay que tener en cuenta que no todas las zonas levemente perturbadas discriminadas por el índice BAMBI exhibieron el mismo valor en el BEAM. Dicho resultado se debe a la importancia de las especies sensitivas ante el arrastre (de Juan & Demestre 2012, González-Irusta et al. 2018), actividad que daña las estructuras del hábitat y la comunidad, modificando la composición de esta última drásticamente y favoreciendo procesos de sucesión que no siempre favorece a especies oportunistas (Connell & Slatyer 1977, Kaiser et al. 1998, Donaldson et al. 2010, Borja et al. 2019).

La ausencia de diferencias entre evaluaciones en el CPP es atribuible al bajo disturbio producido por las redes de arrastre en ambientes terrígenos (Kaiser et al. 2002, Romano et al. 2016), con una marcada presencia de organismos oportunistas, que fueron más evidentes durante el crucero PIII.

En este punto cabe aclarar que la información aportada por el índice RTI fue la más relevante, dado que procede del esfuerzo muestral, tiene en cuenta su máxima longevidad, volumen y permite establecer la capacidad de recuperación de la comunidad; teniendo en cuenta que organismos de gran volumen corresponden a los adultos que ejercen plenamente sus funciones en el ecosistema y requieren más tiempo en ser remplazados por organismos adultos y juveniles de las mismas especies de áreas aledañas, siendo el requisito principal para la recuperación de una comunidad después de un disturbio con ausencia o bajo cambio en la composición de especies (Renaud et al. 2007).

En los MEPY el índice RTI exhibió una elevada resiliencia de la estación H40, sustentada en la presencia de una comunidad con bajo nivel de complejidad, con especies con longevidades entre 5 a 50 años, volúmenes pequeños y por tanto menor tiempo de recuperación ante el disturbio ocasionado por la red (Mitchell et al. 2000); siendo dicha estación un posible sistema quebradizo, al presentar una alta resiliencia y una posible baja estabilidad al encontrarse levemente perturbada (Borja et al. 2000, Morelli & Tryjanowski 2016).

Las estaciones B8, F29 y H40 evaluadas en el crucero GIV y la estación A5 evaluada en el crucero GV, podrían considerarse ambientes quebradizos al presentar valores de resiliencia alta a tolerable y una condición levemente perturbada; mientras que la estación L59 es un ambiente frágil al

presentar el menor valor de resiliencia ante el disturbio ocasionado por las redes de arrastre (Nystro et al. 2008, Morelli & Tryjanowski 2016).

En particular la estación H40 permitió observar congruencia en los valores aportados por los índices BESITO, BEAM, RTI y en menor medida M-AMBI, donde la insensibilidad ante el arrastre y condición fisicoquímica del área, siendo la estructura física de las especies colectadas y su ciclo de vida los factores que proporcionan mayor capacidad de recuperación (teóricamente), dada la necesidad presencia de juveniles de *C. echinoptera* y *P. gibbesi* para que dicha recuperación sea real.

La congruencia de los dos índices de sensibilidad y el de resiliencia, fue evidente en las estaciones que presentaron valores de sensibilidad altos en los MEPY (Tabla 6.4), donde estaciones con niveles de sensibilidad al arrastre y disturbios conjuntos exhibieron valores de IV, siendo zonas que van a requerir más de 5 años para su recuperación en los términos estructurales registrados (estaciones L59.GIV, B8.GV, H39.GV, I43.GV, Tablas 6.3 y 6.4), aunque dicha tendencia está determinada en mayor medida por el volumen de los organismos, siendo posible identificar zonas con niveles de sensibilidad elevados pero mayor tasa de recuperación (e.g. A4.GV, P79.GV; Tablas 6.3 y 6.4).

El CPP pasó de ser un ambiente flexible al presentar niveles de resiliencia baja a tolerable con ausencia de disturbios, a un ambiente flexible a robusto como resultado del aumento en los valores resiliencia y ausencia de disturbios. Dicho patrón fue debido a la disminución de los valores de volumen, presencia de especies menos longevas (mayoritariamente entre 1 a 10 años), resistentes, indiferentes o incluso con la capacidad de beneficiarse del disturbio provocado por la red (e.g. *Astropecten cingulatus*); mientras que la estación D3 evaluada en el crucero PIII, podría considerarse como un ambiente frágil, al presentar estados levemente perturbados y menor resiliencia (Nystro et al. 2008, Morelli & Tryjanowski 2016).

6.3.5 Relación entre los índices de sensibilidad ante las actividades de arrastre y las variables ambientales

El tipo y textura del sedimento tuvo un efecto marcado sobre los valores de sensibilidad a las actividades de arrastre, evidente en la relación directa entre la biomasa de comunidades

megabentónicas y ambientes con sedimentos finos, que favorecen la acumulación de carbono utilizado como alimento por especies tolerantes (González-Irusta et al. 2018, Rijnsdorp et al. 2018); mientras que el índice BEAM exhibió relaciones más congruentes a las observadas en el índice AMBI, dado que ante la presencia de hidrocarburos aromáticos, presenta valores bajos de sensibilidad (Figuras 6.23a). En términos de resiliencia, se observó patrón congruente entre el índice RTI y los compuestos alifáticos como fuente de alimento aportado por plancton de aguas continentales y desechos de plantas superiores (Harada et al. 1995, Ohkouchi et al. 1997, Benkendorff 1999, Libes 2009).

6.4 Conclusiones

- La naturaleza del suelo marino de las dos áreas de estudio y la presencia de la corriente de Yucatán fueron las características importantes en la estructura del hábitat.
- Los estados levemente perturbados fueron propiciados por bajas concentraciones de oxígeno, acumulación de contaminantes y presencia de especies indiferentes a disturbios con bajos valores de densidad poblacional.
- Los resultados aportados por los índices bióticos fueron consistentes en la mayoría de las estaciones, siendo más confiables los resultados obtenidos a partir de la biomasa, a pesar de no contar con réplicas.
- La relación entre fuentes alóctonas de carbono y la megafauna evaluada, hace evidente la necesidad de establecer la presencia de consumos directos o indirectos, aumentando la compresión del flujo trófico, energético, bioacumulación y biomagnificación.
- Los aportes de carbono continental e hidrocarburos aromáticos en los MEPY favorecen valores altos del índice BAMBI, haciendo evidente la influencia de las actividades económicas de la zona urbana sobre la fauna de margen continental externo.
- Las especies tolerantes a disturbios antropogénicos de los MEPY se distribuyen en zonas de ambientes con flujo y sedimentación irregular.
- En el CPP los aportes continentales de desechos de origen vegetal favorecen la presencia de especies oportunistas, mientras que los provenientes de la producción primaria planctónica

sustentan a las especies sensitivas de esta zona.

- Los valores de sensibilidad siguieron el patrón general establecido en términos de naturaleza del suelo marino, siendo mayor en el sustrato consolidado y duro de los MEPY y menor en los sustratos móviles del CPP.
- Las especies sensitivas ante actividades de arrastre exhibieron modalidades diferentes a las reportadas en otros estudios, producto del elevado número de especies tenidas en cuenta en el presente estudio.
- Los valores de sensibilidad ante el arrastre evidenciaron el escaso efecto perturbador ocasionado entre campañas.
- Comunidades complejas exhiben mayores niveles de sensibilidad ante el arrastre a pesar de la presencia de especies menos susceptibles a dicha actividad.
- El volumen de los miembros de la comunidad es una variable muy importante para evaluar la resiliencia de la comunidad ante actividades de arrastre.
- La resiliencia de la comunidad fue similar en los dos ambientes, situación que es atribuida a las características intrínsecas de cada zona, la selección ambiental de las especies y su condición al momento de ser capturada.
- Áreas del oeste y centro de los MEPY son menos resilientes, por lo cual no deben realizarse los arrastres en dichas áreas.
- El CPP es un ambiente flexible, mientras que los MEPY fluctuaron entre ambientes quebradizos a frágiles, siendo la esperanza de vida de la fauna y estructura del suelo, factores importantes en dichas condiciones.
- Teniendo en cuenta el número de arrastres y los resultados aportados, es necesario aumentar el esfuerzo muestral en términos de video transectos, adelantar programas de seguimiento ambiental y protección de las áreas evaluadas, a fin de mantener el estado no perturbado evidenciado en el presente estudio.

7 Conclusión general

La presente evaluación ha permitido registrar la presencia de patrones heterogéneos de distribución y fluctuación espacio temporal de las comunidades megabentónicas de los MEPY y el CPP. Las cuales interactúan permanentemente con los hidrocarburos, metales y subsidio continental y de la columna de agua; los cuales en términos generales influyen a las comunidades evaluadas en mayor medida al nivel de gradientes ambientales, en lugar de ser fuentes de perturbación, siendo esto último un objeto de estudio permanente en ambas áreas debido a la presencia de fuentes subsidiarias que pueden contribuir en la acumulación de dichos elementos y compuestos.

La abundancia y biomasa de las comunidades evaluadas siguió patrones descritos para dichas comunidades con escasas diferencias espaciales, confirmadas por las pruebas utilizadas y porcentajes de disimilitud registrados en los cuatro cruceros, indicando una elevada heterogeneidad de hábitat que debe ser estudiada con más detalle. Dichos patrones son atribuibles a especies autógenas en los MEPY, las cuales deben ser protegidas, al igual que se hace en latitudes altas, dada la influencia que exhiben en los valores de abundancia, biomasa y riqueza de especies; mientras que en el CPP son atribuidos a zonas de acumulación, las cuales deben ser confirmadas y monitoreadas.

La complejidad estructural del hábitat fue un aspecto evidenciado a lo largo del presente estudio en términos de abundancia, biomasa y los diferentes índices calculados. Dicha característica favorece la presencia de comunidades maduras y estables, dada la presencia de especies dominantes, temporales, permanentes y raras, siendo estas últimas quienes generan un efecto búfer en las comunidades evaluadas, disminuyendo la dominancia de las especies más abundantes y aportando evidencias claras de la necesidad de proteger la fauna del área, a través de un mejor manejo de las descargas continentales, regulación y legislación severa en las actividades de almacenamiento y transporte de hidrocarburos, así como estudios de huellas digitales de estos compuestos que permitan atribuir responsabilidades.

Un factor importante que debe tenerse en cuenta de estas comunidades es el escaso componente permanente exhibido en las dos áreas y la elevada movilidad atribuida a las especies megabentónicas, siendo importante realizar estudios toxicológicos en estas especies, ya que son

un eslabón importante entre el ambiente bentónico, la columna de agua y comunidades humanas (sin que este sea un orden estricto).

Los valores de referencia de los diferentes aspectos de la diversidad de la megafauna bentónica son en algunos casos (*e.g.* diversidad beta y funcional), los primeros aportados para las áreas evaluadas, siendo herramientas para el manejo integral de dichas áreas, permitiendo identificar cambios ocasionados por factores naturales y/o antropogénicos. A su vez, la información aportada por los índices bióticos AMBI, M-BAMBI y sus variantes, permiten establecer la necesidad de mantener un programa de evaluación que contemple mayor esfuerzo muestral y menor impacto sobre la comunidad (*e.g.* video transectos).

En este punto cabe aclarar que la mejor herramienta utilizada para evaluar una comunidad es aquella que sea adecuada al tiempo y recursos disponibles para realizar cualquier estudio. La presente evaluación permitió registrar las interferencias ejercidas sobre las curvas ABC por parte de la presencia de reclutas entre evaluaciones, sumado a la escasa evidencia de perturbación debida a muestreos previos, aportada por los índices de sensibilidad al muestreo (BESITO, BEAM y RTI). Sin embargo, a medida que se avanza en los capítulos del presente estudio la complejidad de los análisis aumenta en términos de manejo de información; recurso escaso en comunidades megabentónicas, lo cual requiere una inversión generosa de tiempo que permita reunir la cantidad necesaria de información para llevar a cabo las medidas de estado ecológico y sensibilidad ante el arrastre.

También es importante aclarar que las herramientas más confiables para este tipo de evaluaciones son aquellas basadas en la biomasa de las comunidades. Lo cual responde al carácter funcional de esta medida, siendo sugeridos los índices de diversidad funcional, redundancia funcional, B-MAMBI, BEAM y $\Lambda+$.

8 Bibliografía

- Abad E, Preciado I, Serrano A, Baro J (2008) Demersal and epibenthic assemblages of trawlable grounds in the northern Alboran Sea (western Mediterranean). *Sci Mar* 71:513–524.
- Abbot R (1974) *American Seashells. The marine mollusca of the Atlantic and Pacific coasts of North America.* Van Nostrand Reinhold Co, New York.
- Abbott T, Moore G, Schwengel J, Teskey M (1961) How to collect shells (A symposium). In: *How to collect shells (A symposium)*. The American Malacological Union, Merinette, Wisconsin, p 108
- Abdel-Shafy HI, Mansour MSM (2016) A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egypt J Pet* 25:107–123.
- Abele LG, Kim W (1986) An illustrated guide to the marine decapod crustaceans of Florida. *Tech Ser* 8:1–784.
- Abelló P, Carbonell AAA, Torres P (2002) Biogeography of epibenthic crustaceans on the shelf and upper slope off the Iberian Peninsula Mediterranean coasts: implications for the establishment of natural management areas. *Sci Mar* 66:183–198.
- Abrams MA, Dahdah NF, Francu E (2009) Development of methods to collect and analyze gasoline range (C5-C12) hydrocarbons from seabed sediments as indicators of subsurface hydrocarbon generation and entrapment. *Appl Geochemistry* 24:1951–1970.
- Acuña-González J, Vargas-Zamora JA, Gómez-Ramírez E, García-Céspedes J (2004) Hidrocarburos de petróleo, disueltos y dispersos, en cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Rev Biol Trop* 52:43–50.
- Adams KA, Barth JA, Chan F (2013) Temporal variability of near-bottom dissolved oxygen during upwelling off central Oregon. *J Geophys Res Ocean* 118:4839–4854.
- Aguilar-Camacho JM, Salazar-Vallejo SI (2010) *Dodecaceria carolinae* n. sp. (Polychaeta: Cirratulidae), a shallow-water species from the northwestern Caribbean Sea. *Sci Mar* 75:95–102.
- Aguilar D, Grande-Vidal J (2008) Shrimp fishing in Mexico. In: *Global study of shrimp fisheries*. Gillet R (ed) FAO, Fiji, p 235–312

- Aguilar J (2013) Hidroides (Cnidaria: Hydrozoa) del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. Universidad Autónoma de México
- Ahyong S (2019) Mantis Shrimp. <https://australianmuseum.net.au/learn/animals/crustaceans/mantis-shrimp/> (accessed 30 March 2020)
- Albañez-Lucero MO, Arreguín-Sánchez F (2009) Modelling the spatial distribution of red grouper (*Epinephelus morio*) at Campeche Bank, México, with respect substrate. *Ecol Modell* 220:2744–2750.
- Alcolado PM, Oceanología I De, Habana L (2007) Reading the code of coral reef sponge community composition and structure for environmental bio-monitoring: some experiences from Cuba. In: *Porifera Research Biodiversity Innovation & Sustainability*. Reis M (ed) Universidade Federal do Rio de Janeiro, p 3–10
- Aldea C, Olabarria C, Troncoso JS (2008) Bathymetric zonation and diversity gradient of gastropods and bivalves in West Antarctica from the South Shetland Islands to the Bellingshausen Sea. *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap* 55:350–368.
- Aldeco J, Monreal-Gómez M a, Signoret M, León D a S, Hernández-Becerril DU (2009) Occurrence of a subsurface anticyclonic eddy, fronts, and *Trichodesmium* spp. over the Campeche Canyon region , Gulf of Mexico. *Ciencias Mar* 35:333–344.
- Alejandro A (2014) Convergent evolution of life habit and shell shape in scallops (Bivalvia: Pectinidae) with a description of a new genus. Iowa State University
- Allmon WD (2007) Ecology of recent Turritelline gastropods (Prosobranchia, Turritellidae): current knowledge and paleontological implications. *Palaios* 3:259.
- Alt CHS, Rogacheva A, Boorman B, Alan Hughes J, Billett DSM, Gooday AJ, Jones DOB (2013) Trawled megafaunal invertebrate assemblages from bathyal depth of the Mid-Atlantic Ridge (48°-54°N). *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 98:326–340.
- Althaus F, Williams A, Schlacher TA, Kloser RJ, Green MA, Barker BA, Bax NJ, Brodie P, Schlacher-Hoenlinger MA (2009) Impacts of bottom trawling on deep-coral ecosystems of seamounts are long-lasting. *Mar Ecol Prog Ser* 397:279–294.
- Alvarado-Cerón V (2016) Influencia de la descarga de agua congénita sobre la fauna de macroinvertebrados bentónicos en la zona sublitoral somera de Dos Bocas, Tabasco.

CINVESTAV

- Alvarado JJJ, Solís-Marín A, Solís-Marín FA, Solís-Marín A, Solís-Marín FA (2014) Echinoderm research and diversity in Latin America. Alvarado J, Solís-Marín A (eds) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin.
- Alves DFR, Barros-Alves S de P, Lima DJM, Cobo VJ, Negreiros-Fransozo ML (2013) Brachyuran and anomuran crabs associated with *Schizoporella unicornis* (Ectoprocta, Cheilostomata) from southeastern Brazil. *An Acad Bras Cienc* 85:245–256.
- Amakawa T, Hossain M, Tetsuya A, Sekiguchi H, Amakawa T (1996) Density, biomass and community structure of megabenthos in Ise Bay, central Japan. *Fish Sci* 62:350–360.
- Amaro T, Bianchelli S, Billett DSM, Cunha MR, Pusceddu A, Danovaro R (2010) The trophic biology of the holothurian *Molpadia musculus*: Implications for organic matter cycling and ecosystem functioning in a deep submarine canyon. *Biogeosciences* 7:2419–2432.
- Ammons AW, Daly M (2008) Distribution, habitat use and ecology of deepwater Anemones (Actiniaria) in the Gulf of Mexico. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 55:2657–2666.
- Amon DJ, Ziegler AF, Dahlgren TG, Glover AG, Goineau A, Gooday AJ, Wiklund H, Smith CR (2016) Insights into the abundance and diversity of abyssal megafauna in a polymetallic-nodule region in the eastern Clarion-Clipperton Zone. *Nat Publ Gr*:1–12.
- Amrouni-bouaziz O, Souissi R, Barousseau JP, Abdeljaoued S (2007) Grain-size and morphodynamical state of the bay-of-Mahdia shoreface (Tunisia). Contribution to the assessment of coastal sensitivity. *Geo-Eco-Marina* 13:5–19.
- An S, Gardner WS (2000) Nitrogen cycling in Laguna Madre and Baffin Bay.
- Anderson MJ, Gorley RN, Clarke KR (2008) *Permanova + for Primer: guide to software and statistical methods*, First edit. PRIMER-E:Plymouth, Auckland.
- Anderson MJ, Tolimieri N, Millar RB (2013) Beta diversity of demersal fish assemblages in the North-Eastern Pacific: interactions of latitude and depth. *PLoS One* 8:1–15.
- Aneiros F, Rubal M, Troncoso JS, Bañón R (2015) Subtidal benthic megafauna in a productive and highly urbanised semi-enclosed bay (Ría de Vigo, NW Iberian Peninsula). *Cont Shelf Res* 110:16–24.

- Angeles-Gonzalez LE, Calva R, Santos-Valencia J, Avila-Poveda OH, Olivares A, Diaz F, Rosas C (2017) Temperature modulates spatio-temporal variability of the functional reproductive maturation of *Octopus maya* (Cephalopoda) on the shelf of the Yucatan Peninsula, Mexico. *J Molluscan Stud* 83:280–288.
- Angelini C, Altieri AH, Silliman BR, Bertness MD (2011) Interactions among foundation species and their consequences for community organization, biodiversity, and conservation. *Bioscience* 61:782–789.
- Ann T, Robert J (1989) Feeding of juvenile white shrimp *Penaeus setiferus*: periodic or continuous? 52.
- Aranda-Cirerol N, Herrera-Silveira JA, Comín FA (2006) Nutrient water quality in a tropical coastal zone with groundwater discharge, northwest Yucatán, Mexico. *Estuar Coast Shelf Sci* 68:445–454.
- de Araújo JN, de Almeida Tubino R (2017) Amostragem e parametrização de invertebrados bentônicos, peixes, mamíferos, répteis e aves para o modelo ecopath da plataforma continental e do talude da Bacia de campos. *Model Ecosistêmica para Integr e Manejo Na Bacia Campos (Atlântico Sudoeste)*, Vol 8 8:63–129.
- Archer D, Buffett B, Brovkin V (2009) Ocean methane hydrates as a slow tipping point in the global carbon cycle. *PNAS* 106.
- Armstrong NE, Brody M, Funicelli NN (1987) The ecology of open-bay bottoms of Texas: a community profile.
- Arreguín-sánchez F (2015) Population Dynamics and Stock Assessment for *Octopus maya* (Cephalopoda : Octopodidae) Fishery in the Campeche Bank, Gulf of Mexico. *Rev Biol Trop Biol Trop* 48:323–331.
- Arreguín-Sánchez F (2000) Octopus-red grouper interaction in the exploited ecosystem of the northern continental shelf of Yucatan, Mexico. *Ecol Modell* 129:119–129.
- Arroyo J, Valiente-banuet A, Aizen MA, Alc JM, Obeso R, Oviedo R, Medel R, Navarro L, Rey PJ, Traveset A, Verd M, Alcántara JM, Arroyo J, Cocucci A, Galetti M, García MB, García D, Gómez JM, Jordano P, Medel R, Navarro L, Obeso JR, Oviedo R, Ramírez N, Rey PJ, Traveset A, Verdú M, Zamora R (2015) Beyond species loss: the extinction of ecological

- interactions in a changing world. *Funct Ecol* 29:299–307.
- Arteta RL (2001) Comparación de métodos de análisis mecánico de suelos. *Terra* 19:7.
- Arzola-gonzález JF (2008) Alternativas para el aprovechamiento de los crustáceos decápodos del estero el verde camacho, Sinaloa, México. *Univ y Cienc* 24:41–48.
- Asch RG, Collie JS (2008) Changes in a benthic megafaunal community due to disturbance from bottom fishing and the establishment of a fishery closure. *Fish Bull* 106:438–456.
- Ashford OS, Davies AJ, Jones DOB (2015) Deep-sea benthic megafaunal habitat suitability modelling: A global-scale maximum entropy model for xenophyophores. *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap* 94:31–44.
- Astorga A, Death R, Death F, Paavola R, Chakraborty M, Muotka T (2014) Habitat heterogeneity drives the geographical distribution of beta diversity: the case of New Zealand stream invertebrates. *Ecol Evol* 4:2693–2702.
- Atwood DK, Burton FJ, Corredor J., Harvey GR, Mata-Jimenez AJ, Vasquez-Botello A, Wade BA (1987) Results of the CARIPOL petroleum pollution monitoring project in the wider Caribbean. *Mar Pollut Bull* 18:540–548.
- Aylagas E, Borja Á, Muxika I, Rodríguez-Ezpeleta N (2018) Adapting metabarcoding-based benthic biomonitoring into routine marine ecological status assessment networks. *Ecol Indic* 95:194–202.
- Aylagas E, Borja A, Rodríguez-Ezpeleta N, Rodri N, Aylagas E (2014) Environmental status assessment using DNA metabarcoding: Towards a genetics based marine biotic index (gAMBI). *PLoS One* 9:1–11.
- Aylagas E, Borja Á, Tangherlini M, Dell'Anno A, Corinaldesi C, Michell CT, Irigoien X, Danovaro R, Rodríguez-Ezpeleta N (2017) A bacterial community-based index to assess the ecological status of estuarine and coastal environments. *Mar Pollut Bull* 114:679–688.
- Ayma A, Aguzzi J, Canals M, Lastras G, Bahamon N, Mecho A, Company JB (2016) Comparison between ROV video and Agassiz trawl methods for sampling deep water fauna of submarine canyons in the Northwestern Mediterranean Sea with observations on behavioural reactions of target species. *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap* 114:149–159.

- Azevedo M, Gomes-Gonçalves R, Mattos T, Uehara W, Guedes G, Araújo F, Azevedo C, Gomes-Gonçalves R, Mattos TM, Uehara W, Henrique G, Guedes S, Araújo F (2017) Taxonomic and functional distinctness of the fish assemblages in three coastal environments (bays, coastal lagoons and oceanic beaches) in Southeastern Brazil. *Mar Environ Res* 129:180–188.
- Azovsky AI (2011) Species-area and species-sampling effort relationships: Disentangling the effects. *Ecography (Cop)* 34:18–30.
- Bachelet G (1982) Quelques problèmes liés à l'estimation de la production cas des bivalves *Macoma balthica* et *Scrobicularia plana*. *Oceanol Acta* 5:421–431.
- Baeta A, Fath BD, Pinto R, Patrı J, Neto M, Marques C, Patrício J, Baeta A, Fath BD, Neto JM, Marques JC, Pinto R, Patrı J, Neto M, Marques C (2009) Review and evaluation of estuarine biotic indices to assess benthic condition. *Ecol Indic* 9:1–25.
- Balsam WL, Beeson JP (2003) Sea-floor sediment distribution in the Gulf of Mexico. *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap* 50:1421–1444.
- Balvanera P, Pfisterer AB, Buchmann N, He JS, Nakashizuka T, Raffaelli D, Schmid B (2006) Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecol Lett* 9:1146–1156.
- Baran A, Mierzwa-Hersztek M, Gondek K, Tarnawski M, Szara M, Gorczyca O, Koniarz T (2019) The influence of the quantity and quality of sediment organic matter on the potential mobility and toxicity of trace elements in bottom sediment. *Environ Geochem Health* 41:2893–2910.
- Baran A, Tarnawski M, Urbański K, Klimkowicz-Pawlas A, Spałek I (2017) Concentration, sources and risk assessment of PAHs in bottom sediments. *Environ Sci Pollut Res* 24:23180–23195.
- Barco A, Claremont M, Reid DG, Houart R, Bouchet P, Williams ST, Cruaud C, Couloux A, Oliverio M (2010) A molecular phylogenetic framework for the Muricidae, a diverse family of carnivorous gastropods. *Mol Phylogenet Evol* 56:1025–1039.
- Barraclough H (1960) Synoptic keys to the genera of Ophiuroidea. *Victoria Univ Wellingt* 26:46.
- Barradas-Ortiz C, Briones-Fourzán P, Lozano-Álvarez E (2003) Seasonal reproduction and feeding ecology of giant isopods *Bathynomus giganteus* from the continental slope of the Yucatán peninsula. *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap* 50:495–513.

- Baselga A (2016) Partitioning abundance-based multiple-site dissimilarity into components: balanced variation in abundance and abundance gradients. *Methods Ecol Evol* 8:799–808.
- Baselga A (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Glob Ecol Biogeogr* 19:134–143.
- Baselga A, Jimenez-Valverde A, Niccolini G, Jime A, Niccolini G (2007) A multiple-site similarity measure independent of richness. *Biol Lett* 3:642–645.
- Baselga A, Orme CDL (2012) Betapart: An R package for the study of beta diversity. *Methods Ecol Evol* 3:808–812.
- Baselga A, Orme D, Villeger S, De Bortoli J, Leuprieur F, Logez M, Henriques-Silva R (2018) Package ‘betapart’. 42.
- Bauer MRK (2017) A plotting toolbox for 2D oceanographic data version, package ‘oceanmap’. 45.
- Baumann K-H, Boeckel B (2013) Spatial distribution of living coccolithophores in the southwestern Gulf of Mexico. *J Micropalaeontology* 32:123–133.
- Bayer FM, Grasshoff M (1995) Two new species of the gorgonacean genus *Ctenocella*(Coelenterata:Anthozoa, Octocorallia) from deep reefs in the western Atlantic. *Bull Mar Sci* 56:625–652.
- Beauclair M, Duarte MR, Silva EP (2016) Sambaquis (shell mounds) and mollusk diversity in the past history of Araruama Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. *Panam J Aquat Sci* 11:47–59.
- Beazley LI, Kenchington EL, Murillo FJ, Sacau M (2013) Deep-sea sponge grounds enhance diversity and abundance of epibenthic megafauna in the Northwest Atlantic. *ICES J Mar Sci* 70:1471–1490.
- Bell JJ, Smith D (2004) Ecology of sponge assemblages (Porifera) in the Wakatobi region, south-east Sulawesi, Indonesia: Richness and abundance. *J Mar Biol Assoc United Kingdom* 84:581–591.
- Belley R, Snelgrove PVR (2016) Relative contributions of biodiversity and environment to benthic ecosystem functioning. *Front Mar Sci* 3.
- De Bello F, Lepš J, Lavorel S, Moretti M (2007) Importance of species abundance for assessment

- of trait composition: an example based on pollinator communities. *Community Ecol* 8:163–170.
- Belz CE, Ziliotto RA, Gernet M V (2018) Gastropoda and Bivalvia as bycatch of the Atlantic seabob, *Xiphopenaeus kroyeri*, trawl fisheries in Pontal do Paraná, southern Brazil. *Strombus* 24:5–12.
- Belzunce M, Solaun O, Gonzalez-Oreja J, Millan E, Perez V (2004) Contaminants in sediments. In: *Oceanography and Marine Environment in the Basque Country*, First edit. Borja A, Collins M (eds) Elsevier B.V, Southampton, p 283–309
- Benavides-Serrato M, Borrero-Pérez GH, Solano OD, Rodolfo Navas G (2005) Taxonomic list of the asteroids (Echinodermata: Asteroidea) from the shelf and superior slope from the Colombian Caribbean. *Rev Biol Trop* 53 Suppl 3.
- Benkendorff K (1999) Bioactive molluscan resources and their conservation: biological and chemical studies on the egg masses of marine molluscs
- Bergquist DC, Ward T, Cordes EE, Mcnelis T, Howlett S, Kosoff R, Hourdez S, Carney R, Fisher CR (2003) Community structure of habitat islands from Gulf of Mexico cold seeps. *J Exp Mar Bio Ecol* 289:197–222.
- Bertini G, Fransozo A, Negreiros-Fransozo ML (2010) Brachyuran soft-bottom assemblage from marine shallow waters in the southeastern Brazilian littoral. *Mar Biodivers* 40:277–291.
- Bevilacqua S, Frascchetti S, Terlizzi A, Boero F (2009) The use of taxonomic distinctness indices in assessing patterns of biodiversity in modular organisms. *Mar Ecol* 30:151–163.
- Bhakta D, Meetei WA, Vaisakh G, Das SK, Manna RK (2018) Impacts of water regulation on *Tenulosa ilisha* in the Narmada Estuary, Gujarat, India. *J Fish* 6:563.
- Bhattacharyya T, Chandran P, Ray SK, Mandal C, Tiwary P, Pal DK, Maurya UK, Nimkar AM, Kuchankar H, Sheikh S, Telpande BA, Kolhe A (2015) Walkley-Black Recovery Factor to Reassess Soil Organic Matter: Indo-Gangetic Plains and Black Soil Region of India Case Studies. *Commun Soil Sci Plant Anal* 46:2628–2648.
- Bieler R, Hadfield MG (1990) Reproductive biology of the sessile gastropod *Vermicularia spirata* (cerithioidea: Turritellidae). *J Molluscan Stud* 56:205–219.

- Billett DS., Sibuet M, Galéron J, Bett B., Rice A., Thurston M., Wolff G. (2001) Long-term change in the megabenthos of the Porcupine Abyssal Plain (NE Atlantic). *Prog Oceanogr* 50:325–348.
- Billett DSM, Bett BJ, Reid WDK, Boorman B, Priede IG (2010a) Long-term change in the abyssal NE Atlantic: The ‘Amperima Event’ revisited. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 57:1406–1417.
- Billett DSMSM, Bett BJJ, Reid WDKDK, Boorman B, Priede IGG (2010b) Long-term change in the abyssal NE Atlantic: The ‘Amperima Event’ revisited. *Deep Sea Res II* 38:255–266.
- Binark N, Güven KC, Gezgin T, Ünlü S (2000) Oil pollution of marine algae. *Bull Environ Contam Toxicol* 64:866–872.
- Birgel D, Stein R, Hefter J (2004) Aliphatic lipids in recent sediments of the Fram Strait/Yermak Plateau (Arctic Ocean): Composition, sources and transport processes. *Mar Chem* 88:127–160.
- Birkeland C (1987) Nutrient availability as a major determinant of differences among coastal hard-substratum communities in different regions of the tropics. In: *Comparisons between Atlantic and Pacific tropical coastal marine ecosystems: community structure, ecological processes, and productivity*. UNESCO Reports in Marine Science, p 45–97
- Bishop RE, Iliffe TM (2012) Ecological physiology of the anchialine shrimp *Barbouria cubensis*: A comparison of epigeal and hypogeal populations. *Mar Biodivers* 42:303–310.
- Bissoli LB, Bernardino AF (2018) Benthic macrofaunal structure and secondary production in tropical estuaries on the Eastern Marine Ecoregion of Brazil. *PeerJ* 2018.
- Bitter R, Penchaszadeh PE (1983) Ecología trófica de dos estrellas de mar del género *Astropecten* coexistentes en Golfo Triste, Venezuela. *Stud Neotrop Fauna Environ* 18:163–180.
- Bitter RA, Molinet R, Penchaszadeh PE (1980) Interacción trófica entre dos estrellas de mar (*Astropecten riensis* y *Tethyaster vestitus*) en Golfo Triste, Venezuela. *Bol do Inst Ocean* 29:61–63.
- Blake DB (1990) Adaptive zones of the class Echinodermata, Asteroidea. *Bull Mar Sci* 46:701–718.

- Blake DB, Tintori A, Hagdorn H (2000) A new, early crown-group asteroid (echinodermata) from the Norian (Triassic) of Northern Italy. *Riv Ital di Paleontol e Stratigr* 106:141–155.
- Blanchard AL, Parris CL, Knowlton AL, Wade NR (2013) Benthic ecology of the northeastern Chukchi Sea. Part II. Spatial variation of megafaunal community structure, 2009-2010. *Cont Shelf Res* 67:67–76.
- Bluhm B, Iken K, Hardy S, Sirenko B, Holladay B (2009a) Community structure of epibenthic megafauna in the Chukchi Sea. *Aquat Biol* 7:269–293.
- Bluhm BA, Iken K, Hardy SM, Sirenko BI, Holladay BA, Mincks Hardy S, Sirenko BI, Holladay BA (2009b) Community structure of epibenthic megafauna in the Chukchi Sea. *Aquat Biol* 7:269–293.
- Bluhm BA, Piepenburg D, Von Juterzenka K (1998) Distribution, standing stock, growth, mortality and production of *Strongylocentrotus pallidus* (Echinodermata: Echinoidea) in the northern Barents Sea. *Polar Biol* 20:325–334.
- Bodil BA, Ambrose WG, Bergmann M, Clough LM, Gebruk A V., Hasemann C, Iken K, Klages M, MacDonald IR, Renaud PE, Schewe I, Soltwedel T, Włodarska-Kowalczyk M (2011) Diversity of the arctic deep-sea benthos. *Mar Biodivers* 41:87–107.
- Boot CS, Ettwein VJ, Maslin MA, Weyhenmeyer CE, Pancost RD (2006) A 35,000 year record of terrigenous and marine lipids in Amazon Fan sediments. *Org Geochem* 37:208–219.
- Bordovskiy O (1965) Accumulation of organic matter in bottom sediments. *Mar Geol* 3:33–82.
- Borja A, Chust G, Muxika I (2019) *Forever young: the successful story of a marine biotic index*, 1st ed. Elsevier Ltd.
- Borja A, Elliott M, Andersen J, Cardoso A, Carstensen J, Ferreira J, Heiskanen A-S, Marques J, Neto J, Teixeira H, Uusitalo L, Uyarra M, Zampoukas N, Prins T, Simboura N, Berg T, Papadopoulou N, Reker J, Menchaca I (2015a) Potential Definition of Good Environmental Status. 1–62.
- Borja A, Franco J, Environment M (2000) *A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments*. 40.
- Borja Á, Marín S, Núñez R, Muxika I (2014) Is there a significant relationship between the benthic

- status of an area, determined by two broadly-used indices, and best professional judgment? *Ecol Indic* 45:308–312.
- Borja Á, Marín SL, Muxika I, Pino L, Rodríguez JG (2015b) Is there a possibility of ranking benthic quality assessment indices to select the most responsive to different human pressures? *Mar Pollut Bull* 97:85–94.
- Borja A, Tunberg BG (2011) Assessing benthic health in stressed subtropical estuaries, eastern Florida, USA using AMBI and M-AMBI. *Ecol Indic* 11:295–303.
- Borst ACW, Verberk WCEP, Angelini C, Schotanus J, Wolters JW, Christianen MJA, van der Zee EM, Derksen-Hooijberg M, van der Heide T (2018) Foundation species enhance food web complexity through non-trophic facilitation. *PLoS One* 13:1–15.
- Bosch NE, Gonçalves JMS, Erzini K, Tuya F (2017) “How” and “what” matters: Sampling method affects biodiversity estimates of reef fishes. *Ecol Evol* 7:4891–4906.
- Botello A, Osten R von, Gold-Bouchot G, Agraz-Hernández C (2005a) Golfo de México contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias, Centro EPO.
- Botello AV, Osten R von, Gold-Bouchot G, Agraz-Hernández C, Rendón-von Osten J, Gold-Bouchot G, Agraz-Hernández C (2005b) Golfo de México contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias, 2da edició. UACAM, UNAM, INECOL.
- Botta-Dukát Z (2005) Rao’s quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. *J Veg Sci* 16:533–540.
- Boudreau SA, Worm B (2012) Ecological role of large benthic decapods in marine ecosystems : a review. *Mar Ecol Prog Ser* 469:195–213.
- Bouma TJ, Olenin S, Reise K, Ysebaert T (2009a) Ecosystem engineering and biodiversity in coastal sediments: posing hypotheses. *Helgol Mar Res* 63:95–106.
- Bouma TJ, Ortells V, Ysebaert T (2009b) Comparing biodiversity effects among ecosystem engineers of contrasting strength: Macrofauna diversity in *Zostera noltii* and *Spartina anglica* vegetations. *Helgol Mar Res* 63:3–18.
- Box A, Martin D, Deudero S (2010) Changes in seagrass polychaete assemblages after invasion by *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Chlorophyta: Caulerpales): community structure,

- trophic guilds and taxonomic distinctness. *Sci Mar* 74:317–329.
- Bracewell SA, Clark GF, Johnston EL (2018) Habitat complexity effects on diversity and abundance differ with latitude: an experimental study over 20 degrees. *Ecology* 99:1964–1974.
- Brault S, Stuart CT, Wagstaff MC, McClain CR, Allen JA, Rex MA (2013) Contrasting patterns of α - and β -diversity in deep-sea bivalves of the eastern and western North Atlantic. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 92:157–164.
- Brée D, Jones DOB (2005) Ecological controls on density, diversity and community structure of polar megabenthos. *Sch Ocean Earth Sci*:315.
- Bremner J (2008) Species' traits and ecological functioning in marine conservation and management. *J Exp Mar Bio Ecol* 366:37–47.
- Bremner J, Rogers SI, Frid CLJ (2006) Matching biological traits to environmental conditions in marine benthic ecosystems. *J Mar Syst* 60:302–316.
- Bremner J, Rogers SI, Frid CLJJ (2003) Assessing functional diversity in marine benthic ecosystems: a comparison of approaches. *Mar Ecol Prog Ser* 254:11–25.
- Brey T (2001) Population dynamics in benthic invertebrates. <http://www.thomas-brey.de/science/virtualhandbook/navlog/index.html> (accessed 18 June 2019)
- Brey T, Gerdes D (1997) Is Antarctic benthic biomass really higher than elsewhere? *Antart Sci* 9:266–267.
- Brey T, Müller-Wiegmann C, Zittier ZMCC, Hagen W (2010) Body composition in aquatic organisms - A global data bank of relationships between mass, elemental composition and energy content. *J Sea Res* 64:334–340.
- Brey T, Rumohr H, Ankar S (1988) Energy content of macrobenthic invertebrates: general conversion factors from weight to energy. *J Exp Mar Bio Ecol* 117:271–278.
- Brief A (2008) Ecology and Simpson's diversity index. *Adv Appl Sci*:1–9.
- Briones-Fourzán P, Candela J, Lozano-Álvarez E (2008) Postlarval settlement of the spiny lobster *Panulirus argus* along the Caribbean coast of Mexico: patterns, influence of physical factors, and possible sources of origin. *Limnol Oceanogr* 53:970–985.

- Briones E, Abad M, Castro G, Creel B, Briones E, Abad M, Castro G (no date) Los ecosistemas marinos. Cap Nat México, vol I Conoc actual la Biodivers I:135–159.
- Britayev TA, Beksheneva LF, Deart Y V., Mekhova ES (2016) Structure and variability of symbiotic assemblages associated with feather stars (Crinoidea: Comatulida) *Himerometra robustipinna*. *Oceanology* 56:666–674.
- Brögger MI, Penchaszadeh PE (2008) Infaunal mollusks as main prey for two sand bottoms sea stars off Puerto Quequén (Argentina). *Rev Biol Trop* 56:328–334.
- Brooks RA, Purdy CN, Bell SS, Sulak KJ (2006) The benthic community of the eastern US continental shelf: A literature synopsis of benthic faunal resources. 26:804–818.
- Brown A, Thatje S (2014) Explaining bathymetric diversity patterns in marine benthic invertebrates and demersal fishes: Physiological contributions to adaptation of life at depth. *Biol Rev* 89:406–426.
- Buchanan J (1971) Measurement of the physical and chemical environment. In: *Methods for the Study of Marine Benthos*. Holme N, A. M (eds) Blackwell Scientific Publication, Oxford, p 30–52
- Buchman MF (2008) NOAA screening quick reference tables NOAA OR&R report 08-1. Seattle, Waashington.
- Buhl-Mortensen L, Buhl-Mortensen P, Dolan MFJ, Dannheim J, Bellec V, Holte B (2012) Habitat complexity and bottom fauna composition at different scales on the continental shelf and slope of northern Norway. *Hydrobiologia* 685:191–219.
- Buhl-Mortensen L, Ellingsen KE, Buhl-Mortensen P, Skaar KL, Gonzalez-Mirelis G (2016) Trawling disturbance on megabenthos and sediment in the Barents Sea: Chronic effects on density, diversity, and composition. *ICES J Mar Sci* 73:i98–i114.
- Buhl-Mortensen L, Vanreusel A, Gooday AJ, Levin LA, Priede IG, Buhl-Mortensen P, Gheerardyn H, King NJ, Raes M, Buhl-Mortensen P, Gheerardyn H, King NJ, Raes M (2010) Biological structures as a source of habitat heterogeneity and biodiversity on the deep ocean margins. *Mar Ecol* 31:21–50.
- Buhl-Mortensen P, Buhl-Mortensen L (2018) Impacts of bottom trawling and litter on the seabed in Norwegian waters. *Front Mar Sci* 4:1–9.

- Butman B (1988) Downslope Eulerian mean flow associated with high-frequency current fluctuations observed on the outer continental shelf and upper slope along the northeastern United States continental margin: implications for sediment transport. *Cont Shelf Res* 8:811–840.
- Byrne M, O’Hara T (2017) Australian echinoderm biology, ecology and evolution. Melbourne.
- Caballero-Vázquez JA, Vega-Cendejas ME (2012) Spatial patterns of diversity at local and regional scales in a tropical lagoon. *Neotrop Ichthyol* 10:99–108.
- Cai W, Borja Á, Liu L, Meng W, Muxika I, Rodríguez JG (2014) Assessing benthic health under multiple human pressures in Bohai Bay (China), using density and biomass in calculating AMBI and M-AMBI. *Mar Ecol* 35:180–192.
- Cairns SD, Bayer FM (2009) Octocorallia (Cnidaria) of the Gulf of Mexico. *Gulf Mex Orig Waters, Biota Biodivers* 1:321–331.
- Cairns SD, Gershwin L, Brook FJ, Pugh P, Dawson W, V OO, Vervoort W, Williams GC, Watson J, Opresko DM, Schuchert P, Gordon DP, Campbell J, Wright AJ, Sánchez JA, Fautin DG (2009) Phylum Cnidaria: Corals, medusae, hydroids, myxozoans. *New Zel Invent Biodivers*:59–101.
- Calder D, Cairns S (2009a) Hydroids (Cnidaria: Hydrozoa) of the Gulf of Mexico. In: *Gulf of Mexico Origins, waters and biota*. p 381–384
- Camacho M (2017) Inventario de las especies de esponjas marinas (Porifera: Demospongiae) del arrecife Cayo Arenas, Yucatán. *Campaña Oceanográfica NSF- II*. 130.
- Di Camillo C, Puce S, Bavestrello G (2009) Macrorhynchia species (Cnidaria: Hydrozoa) from the Bunaken marine park (North Sulawesi, Indonesia) with a description of two new species. *Ital J Zool* 76:208–228.
- Camp DK, Lyons WG, Perkins TH (1998) Checklists of selected of Florida. *Florida Mar Res Inst Tech Rep TR-3*:238.
- Carballo J, Bell J (2017) *Climate Change, ocean acidification and sponges*. Springer International Publishing, Cham.
- Carballo J, Sanchez-Moyano J, Garcia_Gomez (1994) Taxonomic and ecological remarks on

- boring sponges (Clionidae) from the Straits of Gibraltar (southern Spain): Tentative bioindicators? *Zool J Linn Soc* 112:407–424.
- Carballo JL, Naranjo S (2002) Environmental assessment of a large industrial marine complex based on a community of benthic filter-feeders. *Mar Pollut Bull* 44:605–610.
- Cardona Y, Bracco A (2016) Predictability of mesoscale circulation throughout the water column in the Gulf of Mexico. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 129:332–349.
- Carlucci R, Bandelj V, Ricci P, Capezzuto F, Sion L, Maiorano P, Tursi A, Solidoro C, Libralato S (2018) Exploring spatio-temporal changes in the demersal and benthopelagic assemblages of the northwestern Ionian Sea (central Mediterranean Sea). *Mar Ecol Prog Ser* 598:1–19.
- Carmack EC, Macdonald RW (2002) Oceanography of the Canadian shelf of the Beaufort Sea: A setting for marine life. *Arctic* 55:29–45.
- Carranza-Edwards A (2001) Grain size and sorting in modern beach sands. *J Coast Res* 17:38–52.
- Carranza-Edwards A, Márquez-García AZ, Tapia-Gonzalez CI, Rosales-Hoz L, Alatorre-Mendieta M ángel (2014) Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del Golfo de México y del Caribe noroeste. *Bol la Soc Geol Mex* 67:21–43.
- Carrizo D, Sánchez-García L, Menes RJ, García-Rodríguez F (2019) Discriminating sources and preservation of organic matter in surface sediments from five Antarctic lakes in the Fildes Peninsula (King George Island) by lipid biomarkers and compound-specific isotopic analysis. *Sci Total Environ* 672:657–668.
- Cartes JE, Maynou F, Fanelli E, Romano C, Mamouridis V, Papiol V (2014) The distribution of megabenthic , invertebrate epifauna in the Balearic Basin (western Mediterranean) between 400 and 2300 m: Environmental gradients influencing assemblages composition and biomass trends. *J Sea Res* 61:244–257.
- Cartes JE, Sarda F (1992) Abundance and diversity of decapod crustaceans in the deep-catalan sea (Western mediterranean). *J Nat Hist* 26:1305–1323.
- Cartes JE, Sarda F (1993) Zonation of deep-sea decapod fauna in the Catalan Sea (Western Mediterranean). *Mar Ecol Prog Ser* 94:27–34.
- Carvalho LRS, Loiola M, Barros F (2017) Manipulating habitat complexity to understand its

- influence on benthic macrofauna. *J Exp Mar Bio Ecol* 489:48–57.
- Caso M (1989) Asteroideos del Caribe mexicano colectados en las campañas oceanográficas PROIBE II-III-IV-V a bordo del B/O 'Justo Sierra'. *An del Inst Ciencias del Mar y Limnol*.
- Caso M, Irene P, Ezcurra E (2004) Diagnostico ambiental del Golfo de Mexico.
- Casoli E, Bonifazi A, Ardizzone G, Gravina MF, Russo GF, Sandulli R, Donnarumma L (2019) Comparative analysis of mollusc assemblages from different hard bottom habitats in the central Tyrrhenian sea. *Diversity* 11.
- Castillo-Rodríguez ZG (2014) Biodiversidad de moluscos marinos en México. *Rev Mex Biodivers* 85:419–430.
- Chaalali A, Brind'Amour A, Dubois SF, Le Bris H (2016) Functional roles of an engineer species for coastal benthic invertebrates and demersal fish. *Ecol Evol* 7:5542–5559.
- Chakroun A, Zaghib-Turki D (2017) Facies and fauna proxies used to reconstruct the MIS 5 and MIS 7 coastal environments in eastern Tunisia. *Geol Q* 61.
- Chao A, Otelli NJ, Hsieh T., Sander E, Colwell R, Ellison A (2014) Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecol Monogr* 84:45–67.
- Chatzigeorgiou G, Keklikoglou K, Faulwetter S, Badalamenti F, Kitsos MS, Arvanitidis C (2017) Midlittoral polychaete communities in the Eastern Mediterranean Sea: new information from the implementation of the Natural Geography in Shore Areas (NaGISA) protocol and comparisons at local and regional scales. *Mar Ecol* 38.
- Chaves-Fonnegra A, Zea S, Gómez ML (2007) Abundance of the excavating sponge *Cliona delitrix* in relation to sewage discharge at San Andrés Island, SW Caribbean, Colombia. *Bol Investig Mar y Costeras* 36:63–78.
- Cházaro-Olvera S, Vázquez-López H (2014) Association of *Synalpheus* (Crustacea, Decapoda, Alpheidae) with the sponges from Parque Marino Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, SW Gulf of Mexico. *Biocyt* 7:465–473.
- Cheung SG, Wong LS (1999) Effect of copper on activity and feeding in the subtidal prosobranch *Babylonia lutosa* (Lamarck) (Gastropoda: Buccinidae). *Mar Pollut Bull* 39:106–111.

- Chevenet F, Doledec S, Chessel D (1994) A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. *Freshw Biol* 31:295–309.
- Chiarucci A, Enright N., Perry GLW, Miller BP, Lamont BB (2003) Performance of nonparametric species richness estimators in a high diversity plant community. *Divers Distrib* 9:283–295.
- Chiocci FL, Chivas AR (2014) An overview of the continental shelves of the world. In: *Continental Shelves of the World: Their Evolution During the Last Glacio-Eustatic Cycle*. Chiocci FL, Chivas AR (eds) The Geological society, p 340
- Christensen AM (1970) Feeding biology of the sea-star *astropecten irregularis pennant*. *Ophelia* 8:1–134.
- Christensen V (1995) Ecosystem maturity - towards quantification. *Ecol Modell* 77:3–32.
- Christianen MJA, Middelburg JJ, Holthuijsen SJ, Jouta J, Compton TJ, van der Heide T, Piersma T, Sinninghe Damsté JS, van der Veer HW, Schouten S, Olf H (2017) Benthic primary producers are key to sustain the Wadden Sea food web: stable carbon isotope analysis at landscape scale. *Ecology* 98:1498–1512.
- Chu JWF, Curkan C, Tunnicliffe V (2018) Drivers of temporal beta diversity of a benthic community in a seasonally hypoxic fjord. *R Soc Open Sci* 5:172284.
- Clark MR, Althaus F, Schlacher TA, Williams A, Bowden DA, Rowden AA (2016) The impacts of deep-sea fisheries on benthic communities: A review. *ICES J Mar Sci* 73:i51–i69.
- Clark MR, Rowden AA, Schlacher T, Williams A, Consalvey M, Stocks KI, Rogers AD, O’Hara TD, White M, Shank TM, Hall-Spencer JM (2010) The ecology of seamounts: structure, function, and human impacts. *Ann Rev Mar Sci* 2:253–278.
- Clark RC, Blumer M (1967) Distribution of n-parafins in marine organisms and sediment. *Limnol Oceanogr* 12:79–87.
- Clarke K., Somerfield P., Gorley R (2008) Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. *J Exp Mar Bio Ecol* 366:56–69.
- Clarke KR, Ainsworth M (1993) A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Mar Ecol Prog Ser* 92:205–219.

- Clarke KR, Gorley RN (2015) User Manual/Tutorial. 300.
- Clarke KR, Gorley RN, Somerfield PJ, Warwick RM (2014) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, Third edit. PRIMER-E:Plymouth, Auckland.
- Clarke KR, Warwick RM (2001a) A further biodiversity index applicable to species lists: Variation in taxonomic distinctness. *Mar Ecol Prog Ser* 216:265–278.
- Clarke KR, Warwick RM (2001b) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd editio. PRIMER-E: Plymouth, Plymouth.
- Clarke KR, Warwick RM (1998) Quantifying structural redundancy in ecological communities. *Oecologia* 113:278–289.
- Clarke KR, Warwick RM (1999) The taxonomic distinctness measure of biodiversity measure of biodiversity: weighing of step lengths between hierachical levels. *Mar Ecol Prog Ser* 184:21–29.
- Colavite J, Santana W, Tavares M (2016) Morphological differences between *Stenocionops furcatus* (Olivier, 1791) and *S. coelatus* (A. Milne-Edwards, 1878) (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Majoidea).
- Colwell RK, Gotelli NJ, Colwell RK (2014) Estimating species richness. In: *Biological diversity frontiers in measurement and assessment*. Magurran A, McGill B (eds) Oxford University Press, Oxford, p 368
- Comisión Nacional de Hidrocarburos (2012) Dictamen Técnico del Proyecto de Exploración Área Perdido.
- Conlan KE, Kim SL, Lenihan HS, Oliver JS (2004) Benthic changes during 10 years of organic enrichment by McMurdo Station, Antarctica. *Mar Pollut Bull* 49:43–60.
- Connell JH, Slatyer R (1977) Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Amer Natur* 111:1119–1144.
- Connell JH, Sousa WP (1983) On the evidence needed to judge ecological stability or persistence. *Am Nat* 121:789–824.
- Connolly TP, Hickey BM, Geier SL, Cochlan WP (2010) Processes influencing seasonal hypoxia

- in the northern California current system. *J Geophys Res Ocean* 115:1–22.
- Contreras F, Castañeda O (2004) Coastal lagoons and estuaries of the Gulf of Mexico: toward the establishment of ecological indicators. *Environ Anal Gulf Mex*:230–261.
- Corbelli JM, Zurita GA, Filloy J, Galvis JP, Vespa I, Bellocq I, Vespa NI, Bellocq I (2015) Integrating taxonomic, functional and phylogenetic beta diversities: Interactive effects with the biome and land use across taxa. *PLoS One* 10:1–17.
- Cordes EE, Becker EL, Hourdez S, Fisher CR (2010) Influence of foundation species, depth, and location on diversity and community composition at Gulf of Mexico lower-slope cold seeps. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 57:1870–1881.
- Cordes EE, Carney SL, Hourdez S, Carney RS, Brooks JM, Fisher CR (2007) Cold seeps of the deep Gulf of Mexico: Community structure and biogeographic comparisons to Atlantic equatorial belt seep communities. *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap* 54:637–653.
- Cordier T (2018) Benthic Biotic Indices Calculation from Composition Data. 6.
- Cordier T, Pawlowski J (2018) BBI: an R package for the computation of benthic biotic indices from composition data. *Metabarcoding and Metagenomics* 2:4.
- Cornell H V., Harrison SP (2013) Regional effects as important determinants of local diversity in both marine and terrestrial systems. *Oikos* 122:288–297.
- Cortés J (2003) *Latin American Coral Reefs*, 1st Editio. Cortés J (ed) Elsevier Science.
- Costa PAS, Mincarone MM, Alberto P, Mincarone MM, Costa A, Martins AS, Lavrado HP, Haimovici M, Paula A (2015) Megafaunal communities along a depth gradient on the tropical Brazilian continental margin. *Mar Biol Res*:1–11.
- Costello MJ, Chaudhary C (2017) Marine Biodiversity, Biogeography, Deep-Sea Gradients, and Conservation. *Curr Biol* 27:R511–R527.
- Criales MM (1984) Shrimps associated with coelenterates, echinoderms, and molluscs in the Santa Marta region, Colombia. *J Crustac Biol* 4:307–317.
- Crisp D (1984) Energy flow measurements. In: *Methods for the study of marine benthos*, Second edi. Holme N, McIntyre A (eds) Palo alto, California, p 401
- Crist TO, Veech JA (2006) Additive partitioning of rarefaction curves and species-area

- relationships: Unifying alpha, beta and gamma diversity with sample size and habitat area. *Ecol Lett* 9:923–932.
- Culha M, Sahin ME (2018) Distribution and ecology of prosobranch gastropods (mollusca) in the coastal waters of the north aegean sea (edremit bay-dardanelles). *Indian J Geo Marine Sci* 47:877–883.
- Culhane FE (2012) The use of benthic communities in environmental health assessment
- Cullen WR, Li XF, Reimer KJ (1994) Degradation of phenanthrene and pyrene by microorganisms isolated from marine sediment and seawater. *Sci Total Environ* 156:27–37.
- Culter JK, Truitt C, Eng D, Parkway KT (1997) Artificial reef construction soft-bottom habitat restoration tool.
- Cunha MR, Sorbe JC, Bernardes C (1997) On the structure of the neritic suprabenthic communities from the Portuguese continental margin. *Mar Ecol Prog Ser* 157:119–137.
- Cúrdia J, Monteiro P, Afonso CML, Santos MN, Cunha MR, Gonçalves JMS (2013) Spatial and depth-associated distribution patterns of shallow gorgonians in the Algarve coast (Portugal, NE Atlantic). *Helgol Mar Res* 67:521–534.
- Cusson M, Bourget E, August P, Cusson M, Bourget E, Temple T, Chemistry D (2005) Global patterns of macroinvertebrate production in marine benthic habitats. *Mar Ecol Prog Ser* 297:1–14.
- Dahlman L, Lindsey R (2018) Climate Change: Ocean Heat Content. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content#:~:text=Change over time&text=Recent studies estimate that warming,adds about another 30 percent.> (accessed 20 September 2019)
- Danovaro R, Company JBCC, D’Onghia G, Gali B, Gambi C, Gooday AJ, Lampadariou N, Luna GM, Morigi C, Olu K, Polymenakou P, Ramirez-Llodra E, Sabbatini A, Sarda F, Sibuet M, Tselepides A (2010) Deep-Sea Biodiversity in the Mediterranean Sea: The Known, the Unknown, and the Unknowable. *PLoS One* 5:e11832.
- Danovaro R, Gambi C (2002) Biodiversity and trophic structure of nematode assemblages in seagrass systems: Evidence for a coupling with changes in food availability. *Mar Biol* 141:667–677.

- Darr A, Gogina M, Zettler ML (2014) Functional changes in benthic communities along a salinity gradient- a western Baltic case study. *J Sea Res* 85:315–324.
- Dauer D, Rodi AJ (1992) Effects of low dissolved oxygen events on the macrobenthos of the lower Chesapeake Bay. *Estuaries* 15:384–391.
- Dauer DM, Luckenbach MW, Rodi AJ (1993) Abundance biomass comparison (ABC method): effects of an estuarine gradient, anoxic/hypoxic events and contaminated sediments. *Mar Biol Int J Life Ocean Coast Waters* 116:507–518.
- Davis RA (2017) Chapter 3. Sediments of the Gulf of Mexico. In: *Habitats and biota of the Gulf of Mexico: before the Deepwater Horizon oil spill*. Ward H (ed) Springer Open, Huston, p 165–215
- Degen R, Aune M, Bluhm BA, Cassidy C, Kędra M, Kraan C, Vandepitte L, Włodarska-Kowalczyk M, Zhulay I, Albano PG, Bremner J, Grebmeier JM, Link H, Morata N, Nordström MC, Shojaei MG, Sutton L, Zuschin M (2018) Trait-based approaches in rapidly changing ecosystems: a roadmap to the future polar oceans. *Ecol Indic* 91:722–736.
- Degen R, Jørgensen L, Ljubin P, Ellingsen IH, Pehlke H, Brey T (2016) Patterns and drivers of megabenthic secondary production on the Barents Sea shelf. *Mar Ecol Prog Ser* 546:1–16.
- DeLeo DM, Ruiz-Ramos D V., Baums IB, Cordes EE (2016) Response of deep-water corals to oil and chemical dispersant exposure. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 129:137–147.
- Delgado-González O, Jiménez J, Fermán-Almada J, Marván-Gargollo F, Mejía-Trejo A, García-Esquivell Z, 1 (2010) Depth and hydrodynamics as tools to select aquaculture areas in the coastal zone. *Ciencias Mar* 36:249–265.
- Denley D, Metaxas A, Simard N (2019) Ocean temperature does not limit the establishment and rate of secondary spread of an ecologically significant invasive bryozoan in the northwest Atlantic. *Aquat invasions* 14.
- Diaz MC, Rützler K (2009) Biodiversity and Abundance of Sponges in Caribbean Mangrove: Indicators of Environmental Quality. *Smithson Contrib Mar Sci*:151–172.
- Díaz S, Cabido M (2001) Vive la différence: Plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecol Evol* 16:646–655.

- Dietl GP (2003) First report of cannibalism in *Triplofusus giganteus* (Gastropoda: Fascioliidae). *Bull Mar Sci* 73:757–761.
- Dimitriadis C, Koutsoubas D (2011) Functional diversity and species turnover of benthic invertebrates along a local environmental gradient induced by an aquaculture unit: The contribution of species dispersal ability and rarity. *Hydrobiologia* 670:307–315.
- Dincer Kirman Z, Sericano JL, Wade TL, Bianchi TS, Marcantonio F, Kolker AS, Sericano L, Wade TL, Bianchi TS, Dincer Z, Marcantonio F, Kolker AS, Dincer Kirman Z, Sericano JL, Wade TL, Bianchi TS, Marcantonio F, Kolker AS (2016) Composition and depth distribution of hydrocarbons in Barataria Bay marsh sediments after the Deepwater Horizon oil spill. *Environ Pollut* 214:101–113.
- Dingle H, Caldwell R (1978) Ecology and morphology of feeding and agonistic behavior in mudflat stomatopods (Squillidae). *Biol Bull* 155:134–149.
- Dolbeth M (2007) Macrozoobenthic and fish production of the Mondego estuary anthropogenic and climate variability impact. Universidade de Coimbra
- Domínguez-Castanedo N (2012) Evaluación de la calidad ambiental bentónica de la plataforma interna del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. 116.
- Domínguez JC, Sánchez AJ, Florido R (2003) Distribución de macrocrustáceos en Laguna Mecoacán, al sur del Golfo de México. *Hidrobiológica* 13:127–135.
- Donaldson A, Gabriel C, Harvey BJ, Carolsfeld J (2010) Impacts of fishing gears other than bottom trawls, dredges, gillnets and longlines on aquatic biodiversity and vulnerable marine ecosystems. DFO Can Sci Advis Sec Sci Advis Rep 2010/11 2010/011:vi +84 pp.
- Donaldson D, Sanders N, Minkler R, Thompson P, Noble C (1996) SEAMAP environmental and biological atlas of the Gulf of Mexico 1993.
- Dormann CF, Elith J, Bacher S, Buchmann C, Carl G, Carré G, Marquéz JRG, Gruber B, Lafourcade B, Leitão PJ, Münkemüller T, McClean C, Osborne PE, Reineking B, Schröder B, Skidmore AK, Zurell D, Lautenbach S (2013) Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography (Cop)* 36:027–046.
- Douglas K (2015) *Phymanthus crucifer* (Red Beaded Anemone)

- Downing JA (1979) Aggregation, Transformation, and the Design of Benthos Sampling Programs. *J Fish Res Board Canada* 36:1454–1463.
- Dray S, Blanchet G, Borcard D, Clappe S, Guenard G, Jombart T, Larocque G, Legendre P, Madi N, Wagner HH, Dray AS, Blanchet G, Borcard D, Clappe S, Guenard G, Jombart T, Larocque G, Legendre P, Madi N, Wagner HH (2017) Package ‘adespatial’. 81.
- Dunham A, Archer SK, Davies SC, Burke LA, Mossman J, Pegg JR, Archer E (2018) Assessing condition and ecological role of deep-water biogenic habitats: Glass sponge reefs in the Salish Sea. *Mar Environ Res* 141:88–99.
- Dura R, Méndez-González M, Larqué-Saavedra A (2016) The biodiversity of the Yucatan Peninsula: a natural laboratory. In: *Progress in Botany Vol. 78*. Cánovas FM, Lüttge U, Matyssek R (eds) Springer International Publishing, Gewerbestrasse, p 237–258
- Durán-Campos E, Salas-de-León DA, Monreal-Gómez MA, Coria-Monter E (2017) Patterns of chlorophyll-a distribution linked to mesoscale structures in two contrasting areas Campeche Canyon and Bank, Southern Gulf of Mexico. *J Sea Res* 123:30–38.
- Durán-García R, Méndez-González M, Larqué-Saavedra A (2016) The biodiversity of the Yucatan Peninsula: a natural laboratory. *Prog Bot* 79:233–268.
- Durán-González A, Laguarda-Figueras A, Solís-Marín FA, Buitrón BE, Ahearn CG, Torres-Vega J (2005) Echinoderms (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Rev Biol Trop* 53 Suppl 3:53–68.
- Durden JM, Bett BJ, Horton T, Serpell-Stevens A, Morris KJ, Billett DSMM, Ruhl HA (2016) Improving the estimation of deep-sea megabenthos biomass: Dimension to wet weight conversions for abyssal invertebrates. *Mar Ecol Prog Ser* 552:71–79.
- Dyer M, Fry W, Fry P, Cranmer G (1982) A series of North Sea benthos surveys with trawl and headline camera. *J Mar Biol Assoc United Kingdom* 62:297–313.
- Ehrnsten E, Norkko A, Timmermann K, Gustafsson BG (2019) Benthic-pelagic coupling in coastal seas – Modelling macrofaunal biomass and carbon processing in response to organic matter supply. *J Mar Syst* 196:36–47.
- Eklöf J, Austin Å, Bergström U, Donadi S, Eriksson BDHK, Hansen J, Sundblad G (2017) Size matters: relationships between body size and body mass of common coastal, aquatic

- invertebrates in the Baltic Sea. *PeerJ* 5:e2906.
- Eleftheriou A, Basford D. (1989) The macrobenthic infauna of the offshore northern North Sea. *J Mar Biol Assoc United Kingdom* 69:123–143.
- Eliandro A, Gilbert R, Camargo MG De, Sandrini-neto L, Eliandro M, Gilbert R (2015) Grain size analysis, textural classifications and distribution of unconsolidated sediments Version, Package ‘rysgran’. 22.
- Ellingsen KE, Clarke KR, Somerfield PJ, Warwick RM, Ellingsen AKE, Clarke KR, Somerfield PJ, Warwick RM (2005) Taxonomic distinctness as a measure of diversity applied over a large scale: The benthos of the Norwegian continental shelf. *J Anim Ecol* 74:1069–1079.
- Ellingsen KE, Gray JS (2002) Spatial patterns of benthic diversity: Is there a latitudinal gradient along the Norwegian continental shelf? *J Anim Ecol* 71:373–389.
- Ellis MS, Wilson-Ormond EA, Powell EN (1996) Effects of gas-producing platforms on continental shelf macroepifauna in the northwestern Gulf of Mexico: abundance and size structure. *Can J Fish Aquat Sci* 53:2589–2605.
- Ellison AM (2019) Foundation Species, Non-trophic Interactions, and the Value of Being Common. *iScience* 13:254–268.
- Emery WJ (2019) *Water Types and Water Masses*. Elsevier Inc.
- Emson RH, Young CM (1998) Form and function of the primary spines of two bathyal echinothuriid sea urchins. *Acta Zool* 79:101–111.
- Enriquez C, Mariño-tapia I, Jeronimo G, Capurro-filigrasso L (2013) Thermohaline processes in a tropical coastal zone. *Cont Shelf Res* 69:101–109.
- Enriquez C, Mariño-Tapia IJ, Herrera-Silveira JA (2010) Dispersion in the Yucatan coastal zone: Implications for red tide events. *Cont Shelf Res* 30:127–137.
- Entrambasaguas L, Pérez-Ruzafa Á, García-Charton JA, Stobart B, Bacallado JJ (2008) Abundance, spatial distribution and habitat relationships of echinoderms in the Cabo Verde Archipelago (eastern Atlantic). *Mar Freshw Res* 59:477–488.
- Enuneku A, Omoruyi O, Tongo I, Ogbomida E, Ogbeide O, Ezemonye L (2018) Evaluating the potential health risks of heavy metal pollution in sediment and selected benthic fauna of Benin

- River, Southern Nigeria. *Appl Water Sci* 8:1–13.
- EPA (1994) Addition of certain chemicals toxic, chemical release reporting, community right to know. 54.
- Escoba-Briones E (2000) La biodiversidad del mar profundo en México. *Biodiversitas* 29:1–6.
- Escobar-Briones E, García-Villalobos FJ (2009) Distribution of total organic carbon and total nitrogen in deep-sea sediments from the southwestern Gulf of Mexico. *Bol la Soc Geol Mex* 61:73–86.
- Escobar-Briones E, Soto LA (1997a) Continental shelf benthic biomass in the western Gulf of Mexico. *Cont Shelf Res* 17:585–604.
- Escobar-Briones E, Villalobos-Hiriart JL, Villalobos JL (2003) Deep-water Caridean shrimps (Crustacea: Decapoda) from Banco Chinchorro and adjacent areas in the Northern Caribbean. *Bull Mar Sci* 73:99–122.
- Escobar-Briones EG, Gaytán-Caballero A, Legendre P, Gayta A, Gaytán-Caballero A, Legendre P, Gayta A (2008) Epibenthic megacrustaceans from the continental margin, slope and abyssal plain of the Southwestern Gulf of Mexico: Factors responsible for variability in species composition and diversity. *Deep Res Part II* 55:2667–2678.
- Escobar E, Laura E, Santilla E, Legendre P, Escobar-Briones E, Estrada Santillán EL, Legendre P, Escobar E, Laura E, Santilla E, Legendre P (2008) Macrofaunal density and biomass in the Campeche Canyon, Southwestern Gulf of Mexico. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 55:2679–2685.
- Escolero O, Marín LE, Steinich B, Pacheco JA, Anzaldo JM (2005) Geochemistry of the hydrogeological reserve of Mérida, Yucatán, México. *Geofísica Int* 44:301–314.
- Espinoza A, Zamora L (2019) Pesca y petróleo. Villahermosa.
- Von Euler F, Svensson S (2001) Taxonomic distinctness and species richness as measures of functional structure in bird assemblages. *Oecologia* 129:304–311.
- Al Fartoosi F (2013) The impact of maritime oil pollution in the marine environment: case study of maritime oil pollution in the navigational channel of Shatt Al-Arab. World Maritime University

- Fauchald KK, Barba AG-, Weiss VS-, Granados-Barba A, Solis-Weiss V (2009) Polychaeta (Annelida) of the Gulf of Mexico. *Gulf Mex Orig waters biota* 1:751–788.
- Faust RA (1993) Toxicity summary for fluoranthene.
- Fautin DG, Daly M (2009) Actiniaria, Corallimorpharia, and Zoanthidea (Cnidaria) of the Gulf of Mexico. In: *Gulf of Mexico Origins, waters and biota*. p 349–357
- Feder HM, Naidu AS, Jewett SC, Hameedi JM, Johnson WR, Whitley TE (1994) The northeastern Chukchi Sea: Benthos-environmental interactions. *Mar Ecol Prog Ser* 111:171–190.
- Feiner ZS, Foley CJ, Bootsma HA, Czesny SJ, Janssen J, Rinchar J, Hook TO (2018) Species identity matters when interpreting trophic markers in aquatic food webs. *PLoS One* 13:1–26.
- Felder DL, Álvarez F, Goy JW, Lemaitre R (2009) Decapoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico, with comments on the amphionidacea. In: *Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota*. Texas A&M University Press, College Station, Texas. •35, Corpus Christi, p 1019–1104
- Felder DL, Camp DK (2009a) Gulf of Mexico: Origin, Waters, and Biota. Volume 1, Biodiversity. Camp. DLF and DK (ed) Texas A&M University Press.
- Fernandes M, Ferreira K, Pedini F (2015) Temporal variation of the gammaridean fauna (Crustacea, Amphipoda) associated with the sponge *Mycale angulosa* (Porifera, Demospongiae) in southeastern Brazil. *Nauplius* 23:79–87.
- Fernandez-Arcaya U, Ramirez-Llodra E, Aguzzi J, Allcock AL, Davies JS, Dissanayake A, Harris P, Howell K, Huvenne VAI, Macmillan-Lawler M, Martín J, Menot L, Nizinski M, Puig P, Rowden AA, Sanchez F, Van den Beld IMJ (2017) Ecological role of submarine canyons and need for canyon conservation: A review. *Front Mar Sci* 4:1–26.
- Fernandez-Leborans G (2010) Epibiosis in crustacea: an overview. *Crustaceana* 83:549–640.
- Field J., Clarke K., Warwick R., Africa S, Place P (1982) Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. *Mar Ecol Prog Ser* 8:37–52.
- Fish and wildlife Service (1965) Marine decapod crustaceans of the Carolinas.
- Fisher CR, Hsing P-YP-Y, Kaiser CL, Yoerger DR, Roberts HH, Shedd WW, Cordes EE, Shank TM, Berlet SP, Saunders MG, Larcom EA, Brooks JM (2014) Footprint of Deepwater

- Horizon blowout impact to deep-water coral communities. *Proc Natl Acad Sci* 111:11744–11749.
- Fitzpatrick MC, Sanders NJ, Normand S, Svenning JC, Ferrier S, Gove AD, Dunn RR (2013) Environmental and historical imprints on beta diversity: Insights from variation in rates of species turnover along gradients. *Proc R Soc B Biol Sci* 280.
- Flint W, Rabalais N (1981) Environmental studies of a marine ecosystem: south texas outer continental shelf. University of Texas, Austin.
- Folk R (1966) A review of grain-size parameters. *Sedimentology* 6:73–93.
- Folk RL (1974) Petrology of sedimentary rocks. Hewmphil Publishing Company, Austin, Texas.
- Folk RL, Ward WC (1957) Brazos river bar significance grain size parameters. *J Sediment Petrol* 27:3–26.
- Folkers M, Rombouts T (2020) Sponges revealed: a synthesis of their overlooked ecological functions within aquatic ecosystems. In: *YOUMARES 9 - The Oceans: Our Research, Our Future*. p 181–193
- Fonseca M, Cahalan J (1992) A preliminary evaluation of wave attenuation by four species of seagrass. *Estuar Coast Shelf Sci* 35:565–576.
- Fontana G, Uglan KI, Gray JS, Willis TJ, Abbiati M (2008) Influence of rare species on beta diversity estimates in marine benthic assemblages. *J Exp Mar Bio Ecol* 366:104–108.
- Forsman A (2014) Effects of genotypic and phenotypic variation on establishment are important for conservation, invasion, and infection biology. *Proc Natl Acad Sci U S A* 111:302–307.
- Fragoso G (2016) Biogeography of spring phytoplankton communities from the Labrador Sea: drivers, trends, ecological traits and biogeochemical implications. University of Southampton
- Frameschi IF, Andrade LS, Costa RC, Fransozo A, Castilho AL (2014) The assemblage composition and structure of swimming crabs (Portunoidea) in continental shelf waters of southeastern Brazil. *Cont Shelf Res* 94:8–16.
- Freeman S., Richardson C., Seed R (2001) Seasonal Abundance, Spatial Distribution, Spawning and Growth of *Astropecten irregularis* (Echinodermata: Asteroidea). *Estuar Coast Shelf Sci* 53:39–49.

- Freese L, Auster PJ, Heifetz J, Wing BL (1999) Effects of trawling on seafloor habitat and associated invertebrate taxa in the Gulf of Alaska. *Mar Ecol Prog Ser* 182:119–126.
- Freitas Caregnato F, Wiggers F, Tarasconi JC, Ludmila Veitenheimer-Mendes I (2009) Taxonomic composition of mollusks collected from the stomach content of *Astropecten brasiliensis* (Echinodermata: Asteroidea) in Santa Catarina, Brazil. *Artic Rev Bras Biociências Brazilian J Biosci* 4849:252–259.
- French B, Clarke KR, Platell ME, Potter IC (2013) An innovative statistical approach to constructing a readily comprehensible food web for a demersal fish community. *Estuar Coast Shelf Sci* 125:43–56.
- Frid CLJJ, Caswell BA (2016) Does ecological redundancy maintain functioning of marine benthos on centennial to millennial time scales? *Mar Ecol* 37:392–410.
- Fritz KM, Dodds WK (2004) Resistance and resilience of macroinvertebrate assemblages to drying and flood in a tallgrass prairie stream system. *Hydrobiologia* 527:99–112.
- Fuentes H, Valentina M, Astudillo R De, Andrés A, Cariaco GDE, H MVF, Dakdouk S, Astudillo LR De, Escalona AA (2012) Presencia y fuentes depolicíclicos aromáticos en los sedimentos superficiales del saco del Colfo de Cariaco, Venezuela. *Interciencia* 37:99–106.
- Galéron JJ, Sibuet M, Mahaut M-LL, Dinet A (2000) Variation in structure and biomass of the benthic communities at three contrasting sites in the tropical Northeast Atlantic. *Mar Ecol Prog Ser* 197:121–137.
- Gallaway B (1988) Northern Gulf of Mexico Continental Slope Study Final Report Year 4 Volume II : Synthesis Report. U.S. Department of the Interior, New Orleans.
- Ganmanee M, Narita T, Iida S, Sekiguchi H (2003) Feeding habits of asteroids , *Luidia quinaria* and *Astropecten scoparius* , in Ise Bay , Central Japan.
- Ganmanee M, Narita T, Sekiguchi H (2004) Long-term investigation of spatio-temporal variations in faunal composition and species richness of megabenthos in Ise Bay, Central Japan. *J Oceanogr* 60:1071–1083.
- García-Cubas A (2007) Catálogo ilustrado de moluscos bivalvos del Golfo de México y Mar Caribe.

- García-Cubas A, Francisco E, Reguero M (1999) Gastrópodos marinos de la Península de Yucatán, México. *Rev Soc Mex Hist Nat* 49:127–146.
- García-Hernández V (2014) Análisis de la biodiversidad en arrecifes rocosos en la zona de transición tropical-subtropical del Pacífico mexicano. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C
- García-Montes J, Soto L, Gracia A (1987) Cangrejos portúnidos del suroeste del Golfo de México: aspectos pesqueros y ecológicos. 1–28.
- García-Montes J, Soto LA, Gracia A, García-Montes JF, Soto LA, Gracia A, García-Montes J, Soto LA, Gracia A, García-Montes JF, Soto LA, Gracia A (1988) Cangrejos portúnidos del suroeste del Golfo de México: aspectos pesqueros y ecológicos. *An Inst Cienc del Mar y Limnol Univ Nal Autón México* 15:1–28.
- García-Morales R, Moreno CE, Bello-Gutiérrez J (2011) Renovando las medidas para evaluar la diversidad en comunidades ecológicas: El número de especies efectivas de murciélagos en el sureste de Tabasco, México. *Therya* 2:205–215.
- García C (1980) Carta preliminar de los fondos del Banco de Campeche. *Rev Cuba Investig Pesq* 5:1–37.
- García E, Gili JM, Lippert H, Orejas C, Peralba À, Rossi S (2012) Feeding ecology and trophic impact of the hydroid *Obelia dichotoma* in the Kongsfjorden (Spitsbergen, Arctic). *Polar Biol* 36:61–72.
- Garrison LE, Martin RG (1973) Geologic Structures in the Gulf of Mexico Basin. 94.
- Gates AR, Jones DOB (2012) Recovery of Benthic Megafauna from Anthropogenic Disturbance at a Hydrocarbon Drilling Well (380 m Depth in the Norwegian Sea). *PLoS One* 7.
- Génio L, Sousa A, Vaz N, Dias JM, Barroso C (2008) Effect of low salinity on the survival of recently hatched veliger of *Nassarius reticulatus* (L.) in estuarine habitats: A case study of Ria de Aveiro. *J Sea Res* 59:133–143.
- Genzano GN, Zamponi MO (1997) Frecuencia de estudio y diversidad de los hidrozoos bentónicos de la plataforma continental Argentina. *Ciencias Mar* 23:285–302.
- Gerlach SA, Ekstrom DK, Eckardt PB (2004) Filter feeding in the hermit crab. *Oecologia* 24:257–

- Gibert JP, DeLong JP (2017) Phenotypic variation explains food web structural patterns. *Proc Natl Acad Sci U S A* 114:11187–11192.
- Gillett DJ, Parks AN, Bay SM (2019) Calibration of the multivariate AZTI Marine Biotic Index (M-AMBI) for potential inclusion into California sediment quality objective assessments in San Francisco Bay.
- Gillett DJ, Weisberg SB, Grayson T, Hamilton A, Hansen V, Leppo EW, Pelletier MC, Borja A, Cadien D, Dauer D, Diaz R, Dutch M, Hyland JL, Kellogg M, Larsen PF, Levinton JS, Llansó R, Lovell LL, Montagna PA, Pasko D, Phillips CA, Rakocinski C, Ranasinghe JA, Sanger DM, Teixeira H, Dolah RF Van, Velarde RG, Welch KI (2015) Effect of ecological group classification schemes on performance of the AMBI benthic index in US coastal waters. *Ecol Indic* 50:99–107.
- Gimaret-Carpentier C, Pélissier R, Pascal J-PP, Houllier F, Raphael P, Jean-Pierre P, Francois H, Cnrs UMR, Bernard UC (1998) Sampling strategies for the assessment of tree species diversity. *J Veg Sci* 9:161–172.
- Giraldes BW, Coelho Filho PA, Coelho PA (2012) Composition and spatial distribution of subtidal decapoda on the ‘Reef Coast’, northeastern Brazil, evaluated through a low-impact visual census technique. *Nauplius* 20:187–201.
- Gitay H, Wilson JB, Lee WG (1996) Species redundancy: a redundant concept? *J Ecol* 84:121–124.
- Godbold JA, Bulling MT, Solan M (2011) Habitat structure mediates biodiversity effects on ecosystem properties. *Proc R Soc B Biol Sci* 278:2510–2518.
- Gomez-Lemos LA, García CB (2017) Variaciones adaptativas en la talla de la megafauna bentónica de fondos blandos tropicales en función de parámetros bióticos y abióticos. *Rev Biol Trop* 65:1002–1021.
- Goni MA, Aceves H, Benitez-Nelson B, Tappa E, Thunell R, Black DE, Muller-Karger F, Astor Y, Varela R (2009) Oceanographic and climatologic controls on the compositions and fluxes of biogenic materials in the water column and sediments of the Cariaco Basin over the Late Holocene. *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap* 56:614–640.

- Gonneea ME, Charette MA, Liu Q, Herrera-Silveira JA, Morales-Ojeda SM (2014) Trace element geochemistry of groundwater in a karst subterranean estuary (Yucatan Peninsula, Mexico). *Geochim Cosmochim Acta* 132:31–49.
- González-Fuenzalida RA, Herráez-Hernández R, Verdú-Andrés J, Bouzas-Blanco A, Seco-Torrecillas A, Campíns-Falcó P (2019) Establishing the occurrence and profile of polycyclic aromatic hydrocarbons in marine sediments: The eastern Mediterranean coast of Spain as a case study. *Mar Pollut Bull* 142:206–215.
- González-Gándara C, Patiño-García A, Asís-Anastasio U, Serrano A, Gómez P (2009) Lista de esponjas marinas asociadas al arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Rev Mex* 80:1:5.
- González-Irusta JM, De La Torriente A, Punzón A, Blanco M, Serrano A (2018) Determining and mapping species sensitivity to trawling impacts: The Benthos Sensitivity Index to Trawling Operations (BESITO). *ICES J Mar Sci* 75:1710–1721.
- González-Muñoz R, Simoes N, Mascaro M, Tello-Musi J, Brugler M, Rodríguez E (2014) Morphological and molecular variability of the Morphological and molecular variability of the sea anemone *Phymanthus crucifer* (Cnidaria, Anthozoa, Actiniaria, Actinoidea). *J Mar Biol Assoc United Kingdom*.
- González-Santamaría R, Calderón-Bustamante O, Zavala-Hidalgo J, Moreles E, Fragosó-Barreto C, Calva-Chávez A (2018) El modelo HYCOM en el Golfo de México. In: *Reunión Anual CiGoM 2018*.
- González A, Daniel S, Gómez T (2000) Estado actual de los moluscos.
- Gooday AJ, Levin LA, Aranda da Silva A, Bett BJ, Cowie GL, Dissard D, Gage JD, Hughes DJ, Jeffreys R, Lamont PA, Larkin KE, Murty SJ, Schumacher S, Whitcraft C, Woulds C (2009) Faunal responses to oxygen gradients on the Pakistan margin: A comparison of foraminiferans, macrofauna and megafauna. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 56:488–502.
- Gore R (1982) Porcellanid crabs from the coast of Mexico and Central America (Crustacea: Decapoda: Anomura). *Smithson Contrib to Zool*:44.
- Gotelli NJN, Colwell RKRRK, Gotelli NJN, Colwell RKRRK (2009) Estimating species richness. *Biol Divers Front Meas Assess*:39–54.

- Gracia-Montes J, Soto LA, Gracia A (1987) Cangrejos Portunidos del Suroeste del golfo de México: aspectos pesqueros y ecológicos. *An del Inst Ciencias del Mar y Limnol* 15:135–150.
- Gracia A, Kensler C (1980) Las langostas de México: su biología y pesquería. *An del Cent iencias Del Mar y Limnol*:1–19.
- Gracia A, Vazquez-Bader A, Arreguín-Sánchez F, Schultz-Ruíz L, Sánchez J, Vázquez-Bader A, Arreguín-sanchez F, Schultz-Ruíz L, Sánchez J (1997) Ecología de camarones peneidos. In: *Análisis y diagnostico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México*. Flores-Hernández D, Sánchez-Gil P, Seijo J., Arreguín-Sánchez F (eds) EPOMEX Serie científica, p 127–144
- Gracia A, Vázquez-Bader AR, Lozano-Alvarez E, Briones-Fourzán P (2010) Deep-Water shrimp (Crustacea: Penaeoidea) off the Yucatan peninsula (southern Gulf of Mexico): a potential fishing resource? *J Shellfish Res* 29:37–43.
- Gracia J (2006) Análisis del impacto de la industria petrolera en el ecosistema y su relación con las pesquerías de la Sonda de Campeche, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste
- Graizbord B, Grayeb RP, Mondragón VM (2003) Capítulo 4. Diagnóstico actual de la zona costera del Golfo de México. In: *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Caso M, Pisanty I, Ezcurra E (eds) Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, p 281–354
- Grall J, Glemarec M (1997) Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. *Estuar Coast Shelf Sci* 44:43–53.
- Grange LJ, Smith CR (2013) Megafaunal communities in rapidly warming fjords along the West Antarctic Peninsula: Hotspots of abundance and beta diversity. *PLoS One* 8.
- Graniel CE, Morris LB, Carrillo-Rivera JJ (1999) Effects of urbanization on groundwater resources of Merida, Yucatan, Mexico. *Environ Geol* 37:303–312.
- de Grave S (2009) A further sponge-dwelling species of the *Periclimenes iridescens* complex from the western Atlantic (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Crustaceana* 82:829–836.
- de Grave S, Anker A, Grave S De, Anker A (2008) A new species of *Perclimenes* costa from Utila, Honduras. *Ann des Naturhistorischen Museums Wien Ser B für Bot und Zool* 110:139–148.

- Gray J (2000) The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *J Exp Mar Bio Ecol* 250:23–49.
- Gray J, Clarke K, Warwick R, Hobbs G (1990) Detection of initial effects of pollution on marine benthos: an example from the Ekofisk and Eldfisk oilfields, North Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 66:285–299.
- Gray J, Elliott M (2009) *Ecology of Marine Sediments From de Science to Management*, Second edi. Oxford University Press.
- Gray JS (2001) Marine diversity: the paradigms in patterns of species richness examined. *Sci Mar* 65:41–56.
- Gray JS, Dayton P, Thrush S, Kaiser MJ (2006) On effects of trawling, benthos and sampling design. *Mar Pollut Bull* 52:840–843.
- Grebmeier J (1993) Studies of pelagic-benthic coupling extended onto the Soviet continental shelf in the northern Bering and Chukchi seas. *Cont Shelf Res* 13:653–668.
- Grimalt J, Albaigés J (1987) Sources and occurrence of C₁₂C₂₂ n-alkane distributions with even carbon-number preference in sedimentary environments. *Geochim Cosmochim Acta* 51:1379–1384.
- Grimm V, Schmidt E, Wissel C (1992) On the application of stability concepts in ecology. *Ecol Modell* 63:143–161.
- Grinyó J, Gori A, Greenacre M, Requena S, Canepa A (2018a) Megabenthic assemblages in the continental shelf edge and upper slope of the Menorca Channel , Western Mediterranean Sea Progress in Oceanography Megabenthic assemblages in the continental shelf edge and upper slope of the Menorca Channel , Western Medite. *Prog Oceanogr* 162:40–51.
- roenewold S, Fonds M (2000) Effects on benthic scavengers of discards and damaged benthos produced by the beam-trawl fishery in the southern North Sea. *ICES J Mar Sci* 57:1395–1406.
- Guilherme PDB (2010) *Ecologia alimentar da estrela-do-mar Astropecten marginatus Gray, 1840 (asteroidea: paxillosida) no setor centro-sul do litoral paranaense - BR.*
- Guyonnet B, Grall J, Vincent B (2008) Modified otter trawl legs to reduce damage and mortality

- of benthic organisms in North East Atlantic fisheries (Bay of Biscay). *J Mar Syst* 72:2–16.
- Hadley N, Coen L (2004) Hard clams *Mercenaria mercenaria* M . campechiensis.
- Haedrich RL, Devine JA, Kendall VJ (2008) Predictors of species richness in the deep-benthic fauna of the northern Gulf of Mexico. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 55:2650–2656.
- Haedrich RL, Rowe GT, Polloni PT (1980) The megabenthic fauna in the deep sea south of New England, USA. *Mar Biol* 57:165–179.
- Haimovici M, Rossi-Wongtschowski CDB, Bernardes R, Gomes L, Vooren C, Aguiar R, Ricci A, dos Santos S (2008) Prospecção pesqueira de espécies demersais com rede de arrasto-de-fundo na região sudeste-sul do Brasil.
- Hakanson L (1980) An ecological risk index for aquatic pollution control. a sedimentological approach. *Water Res* 14:975–1001.
- Hamerlynck O, Hostens K, Arellano R V, Mees J, Van Damme PA (1993) The mobile epibenthic fauna of soft bottoms in the Dutch delta. *Netherlands J Aquat Ecol* 27:343–358.
- Hamerlynck O, Hostens K, Mees J, Arellano R V., Cattrijsse A, Van De Vyver P, Craeymeersch JA (1992) The EBB tidal delta of the grevelingen: A man-made nursery for flatfish? *Netherlands J Sea Res* 30:191–200.
- Harada N, Handa N, Fukuchi M, Ishiwatari R (1995) Source of hydrocarbons in marine sediments in Lutzow-Holm Bay, Antarctica. *Org Geochem* 23:229–237.
- Hargrave BT, Kostylev VE, Hawkins CM (2004) Benthic epifauna assemblages, biomass and respiration in The Gully region on the Scotian Shelf, NW Atlantic Ocean. *Mar Ecol Prog Ser* 270:55–70.
- Harmelin-Vivien ML, Bănaru D, Dierking J, Hermand R, Letourneur Y, Salen-Picard C (2009) Linking benthic biodiversity to the functioning of coastal ecosystems subjected to river runoff (NW Mediterranean). *Anim Biodivers Conserv* 32:135–145.
- Harrell F (2020) Harrell miscellaneous, Package ‘Hmisc’. 433.
- Harvey R, Konar B, Maidment D, Schonberg S V, Trefry J (2012) Chukchi Sea Offshore Monitoring in Drilling Area (COMIDA) Chemical and Benthos (CAB). Final Report.
- Hay M, Sutherland J (1988) The ecology of rubble structures of the south Atlantic bight: a

community profile.

- Hazra B, Wood D, Mani D, Singh P, Singh AK (2019) Evaluation of Shale Source Rocks and Reservoirs. Springer, Cham.
- Hechtel G (1965) A systematic study of the Desmopongiae of the Port Royal, Jamaica.
- Hecker B (1990) Variation in megafaunal assemblages on the continental margin south of New England. *Deep Sea Res Part A, Oceanogr Res Pap* 37:37–57.
- Hein L (2013) Biodiversity of soft sediment macrobenthic fauna of the KwaZulu-Natal Bight Midshelf. University of KwaZulu-Natal
- Heino J, Grönroos M, Gronroos M (2017) Exploring species and site contributions to beta diversity in stream insect assemblages. *Oecologia* 183:151–160.
- Hendrickx M (2006) Occurrence of a continental slope decapod crustacean community along the edge of the minimum oxygen zone in the south eastern Gulf of California, Mexico. *Belgian J Zool* 135:22–25.
- Henry R, Simao AC (1984) Evaluation of density and biomass of a bivalve population (*Diplodon delodontus expansus*) (Küster, 1856) in a small tropical reservoir. *Rev Hydrobiol trop* 17:309–318.
- Hermosillo A, Valdés Á (2007) A New Polycera (Opisthobranchia: Mollusca) from Bahía de Banderas, México. *Proc Calif Acad Sci* 58:477–484.
- Hernández-Ávila I, Island M, Ba UDC, Profond LE (2014) Patterns of deep-water coral diversity in the caribbean basin and adjacent southern waters: An approach based on records from the R/V pillsbury expeditions. *PLoS One* 9.
- Hernandez-Avila I, Ocaña FA, Pech D (2020) Testing marine regional-scale hypotheses along the Yucatan continental shelf using soft-bottom macrofauna. *PeerJ* 2020.
- Hernández-Díaz Y, Solís-Marín FA, Simes N, Sanvicente-Añorve L (2013) First record of *Ophioderma ensiferum* (Echinodermata: Ophiuroidea) from the southeastern continental shelf of the Gulf of Mexico and from an anchialine cave. *Rev Mex Biodivers* 84:676–681.
- Hernández C, Argüello H, Nates J (2005) III. Componente ecológico. Plan manejo Ambient del Parq Ecológico Dist Humed Tibanica:83.

- Herrera-Silveira JA, Cirerol NA, Ghinaglia LT, Comín FA (1996) Coastal eutrophication in the Yucatán peninsula. In: *Environmental analysis of the Gulf of Mexico*. p 512–532
- Herrera-Silveira JA, Morales-Ojeda SM (2009) Evaluation of the health status of a coastal ecosystem in southeast Mexico: Assessment of water quality, phytoplankton and submerged aquatic vegetation. *Mar Pollut Bull* 59:72–86.
- Hewitt J, Thrush S, Lohrer A, Townsend M (2010) A latent threat to biodiversity: Consequences of small-scale heterogeneity loss. *Biodivers Conserv* 19:1315–1323.
- Hicks GRF, Marshall BA (1985) Sex selective predation of deep-sea, meiobenthic copepods by pectinacean bivalves and its influence on copepod sex ratios. *New Zeal J Mar Freshw Res* 19:227–231.
- Hidalgo-González RM, Alvarez-Borrego S (2008) Water column structure and phytoplankton biomass profiles in the Gulf of Mexico Estructura de la columna de agua y perfiles de biomasa fitoplanctónica en el Golfo de México. *Ciencias Mar* 34:197–212.
- Hijmans RJ (2016) Introduction to 'Raster' Package.
- Hinojosa-Ochoa M (2018) Carta Nacional Pesquera 2017 (Tercera sección). Mexico.
- Hintzen NT, Piet GJ, Brunel T (2010) Improved estimation of trawling tracks using cubic Hermite spline interpolation of position registration data. *Fish Res* 101:108–115.
- Hiscock K, Jones H (2007) Halichondria (*Halichondria*) *bowerbanki* Bowerbank's halichondria. In: *Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [online]*. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom
- Holling CS (1973) Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annu Rev Ecol Syst* 4:1–23.
- Homziak J, Fonseca M, Kenworthy W (1982) Macrobenthic community structure in a transplanted eelgrass (*Zostera marina*) meadow. *Mar Ecol Prog ...* 9:211–221.
- Hong Z, Er H, Zhinan Z (2010) Taxonomic distinctness of macrofauna as an ecological indicator in Laizhou Bay and adjacent waters Taxonomic Distinctness of Macrofauna as an Ecological Indicator in Laizhou Bay and Adjacent Waters. *J Ocean Univ China* 9:350–358.
- Hoppe WF (1988) Reproductive patterns in three species of large coral reef sponges. *Coral Reefs* 7:45–50.

- Hourigan TF, Cairns SD, Reed J, Ross SW (2017) Deep-sea coral taxa in the U.S. southeast region: depth and geographic distribution.
- Howarth LM, Pickup SE, Evans LE, Cross TJ, Hawkins JP, Roberts CM, Stewart BD (2015) Sessile and mobile components of a benthic ecosystem display mixed trends within a temperate marine reserve. *Mar Environ Res* 107:8–23.
- Howell KL, Billett DSM, Tyler PA (2002) Depth-related distribution and abundance of seastars (Echinodermata: Asteroidea) in the Porcupine Seabight and Porcupine Abyssal Plain, N.E. Atlantic. *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap* 49:1901–1920.
- Howell KL, Pond DW, Billett DSM, Tyler PA (2003) Feeding ecology of deep-sea seastars (Echinodermata: Asteroidea): A fatty-acid biomarker approach. *Mar Ecol Prog Ser* 255:193–206.
- Hsing P-Y, Fu B, Larcom EA, Berlet SP, Shank TM, Govindarajan AF, Lukasiewicz AJ, Dixon PM, Fisher CR (2013) Evidence of lasting impact of the Deepwater Horizon oil spill on a deep Gulf of Mexico coral community. *Elem Sci Anthr* 1:000012.
- Huang HC, Chen CS (2007) Optimal geostatistical model selection. *J Am Stat Assoc* 102:1009–1024.
- Huang TC, Watkins ND (1977) Contrasts between the Brunhes and Matuyama sedimentary records of bottom water activity in the South Pacific. *Dev Sedimentol* 23:113–132.
- Hudson IR, Wigham BD, Billett DSM, Tyler PA (2003) Seasonality and selectivity in the feeding ecology and reproductive biology of deep-sea bathyal holothurians. *59:381–407*.
- Huff JA, Cobb SP (1979) Penaeoid and sergestoid shrimps (Crustacea: Decapoda). *Mem Hourglass Cruises* 5:1–102.
- Hughes DJ, Gage JD (2004) Benthic metazoan biomass, community structure and bioturbation at three contrasting deep-water sites on the northwest European continental margin. *Prog Oceanogr* 63:29–55.
- Hughes RG (1984) A model of the structure and dynamics of benthic marine invertebrate communities. *Mar Ecol Prog Ser* 15:1–11.
- Hutchings P (1990) Review of the effects of trawling on macrobenthic epifaunal communities.

- Mar Freshw Res 41:111–120.
- Hwang J, Manganini SJ, Montluçon DB, Eglinton TI (2009) Dynamics of particle export on the Northwest Atlantic margin. *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap* 56:1792–1803.
- Ichino MC, Clark MR, Drazen JC, Jamieson A, Jones DOB, Martin AP, Rowden AA, Shank TM, Yancey PH, Ruhl HA (2015) The distribution of benthic biomass in hadal trenches: A modelling approach to investigate the effect of vertical and lateral organic matter transport to the seafloor. *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap* 100:21–33.
- Imin A, Tang Y, Cao J, Chen G, Chen J, Tao K (2016) Accumulation mechanism and controlling factors of the continuous hydrocarbon plays in the Lower Triassic Baikouquan Formation of the Mahu Sag, Junggar Basin, China. *J Nat Gas Geosci* 1:309–318.
- INEGI (2020) Clima de Tamaulipas. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tam/territorio/clima.aspx> (accessed 18 July 2020)
- Irving R, Dawson T (2012) The marine environment of the Pitcairn Islands.
- Ivany L., Newton C., Mullins H. (1994) Benthic invertebrates of a modern carbonate ramp: a preliminary survey. *J Paleontol* 68:417–433.
- Jackson JBC (2008) Ecological extinction and evolution in the brave new ocean. *Pnas* 105:11458–11465.
- Jennings S, Pinnegar JK, Polunin NVC, Warr KJ (2001) Impacts of trawling disturbance on the trophic structure of benthic invertebrate communities. *Mar Ecol Prog Ser* 213:127–142.
- Jensen OP, Seppelt R, Miller TJ, Bauer LJ (2005a) Winter distribution of blue crab (*Callinectes sapidus*) in Chesapeake Bay: application and cross validation of a two-stage generalized additive model. *Mar Ecol Prog Ser* 299:239–255.
- Jiao X, Teng Y, Zhan Y, Wu J, Lin X (2015) Soil heavy metal pollution and risk assessment in Shenyang industrial district, Northeast China. *PLoS One* 10:1–9.
- Johnson KH, Vogt KA, Clark H, Schmitz O, Vogt D (1996) Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems. *TREE* 11:372–377.
- Johst K, Gutt J, Wissel C, Grimm V (2006) Diversity and disturbances in the Antarctic megabenthos: Feasible versus theoretical disturbance ranges. *Ecosystems* 9:1145–1155.

- Jones CG, Lawton JH, Shachak M (1997) Positive and Negative Effects of Organisms as Physical Ecosystem Engineers. *Ecology* 78:1946.
- Jones CG, Lawton JH, Shachak M, Jones CG, Lawton JH, Shachak M (1994) Organisms as Ecosystem Engineers. *Oikos* 69:373–386.
- Jones DO., Bett BJ, Tyler PA (2007a) Megabenthic ecology of the deep Faroe–Shetland channel: A photographic study. *54*:1111–1128.
- Jones DOB, Bett BJ, Tyler PA (2007b) Depth-related changes in the arctic epibenthic megafaunal assemblages of Kangerdlugssuaq, East Greenland. *Mar Biol Res* 3:4:37–41.
- Jones DOB, Cruz-Motta JJ, Bone D, Kaariainen JI, Centre NO, Way E (2012) Effects of oil drilling activity on the deep water megabenthos of the Orinoco Fan, Venezuela. *J Mar Biol Assoc United Kingdom* 92:245–253.
- Jones DOB, Hudson IR, Bett BJ (2006) Effects of physical disturbance on the cold-water megafaunal communities of the Faroe-Shetland Channel. *Mar Ecol Prog Ser* 319:43–54.
- Jones DOB, Wigham BD, Hudson IR, Bett BJ (2007d) Anthropogenic disturbance of deep-sea megabenthic assemblages: A study with remotely operated vehicles in the Faroe-Shetland Channel, NE Atlantic. *Mar Biol* 151:1731–1741.
- Jones JB (1992) Environmental impact of trawling on the seabed: A review. *New Zeal J Mar Freshw Res* 26:59–67.
- Jørgensen LL, Planque B, Thangstad TH (2016) Vulnerability of megabenthic species to trawling in the Barents Sea. *ICES J Mar Sci* 73:84–97.
- Joye SB, Bracco A, Özgökmen TM, Chanton JP, Grosell M, MacDonald IR, Cordes EE, Montoya JP, Passow U (2016) The Gulf of Mexico ecosystem, six years after the Macondo oil well blowout. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 129:4–19.
- de Juan S, Cartes JE, Demestre M (2007) Effects of commercial trawling activities in the diet of the flat fish *Citharus linguatula* (Osteichthyes: Pleuronectiformes) and the starfish *Astropecten irregularis* (Echinodermata: Asteroidea). *J Exp Mar Bio Ecol* 349:152–169.
- de Juan S, Demestre M (2012) A Trawl Disturbance Indicator to quantify large scale fishing impact on benthic ecosystems. *Ecol Indic* 18:183–190.

- de Juan S, Demestre M, Thrush S (2009) Defining ecological indicators of trawling disturbance when everywhere that can be fished is fished: a Mediterranean case study. *Mar Policy* 33:472–478.
- De Juan S, Thrush SF, Demestre M (2007) Functional changes as indicators of trawling disturbance on a benthic community located in a fishing ground (NW Mediterranean Sea). *Mar Ecol Prog Ser* 334:117–129.
- Kahng SE, Kelley CD (2007) Vertical zonation of megabenthic taxa on a deep photosynthetic reef (50–140 m) in the Au’au Channel, Hawaii. *Coral Reefs* 26:679–687.
- Kaiser MJ (1996) Starfish damage as an indicator of trawling intensity. *Mar Ecol Prog Ser* 134:303–307.
- Kaiser MJ, Collie JS, Hall SJ, Jennings S, Poiner IR (2002a) Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions.
- Kaiser MJ, Edwards DB, Armstrong PJ, Radford K, Lough NEL, Flatt RP, Jones HD (1998) Changes in megafaunal benthic communities in different habitats after trawling disturbance. *ICES J Mar Sci* 55:353–361.
- Kalogirou S, Corsini-Foka M, Sioulas A, Wennhage H, Pihl L (2010) Diversity, structure and function of fish assemblages associated with *Posidonia oceanica* beds in an area of the eastern Mediterranean Sea and the role of non-indigenous species. *J Fish Biol* 77:2338–2357.
- Kang S, Ma W, Li FY, Zhang Q, Niu J, Ding Y, Han F, Sun X (2015) Functional redundancy instead of species redundancy determines community stability in a typical steppe of inner Mongolia. *PLoS One* 10:1–11.
- Kang YH, Kim S, Choi SK, Moon K, Choi HG, Ko YW, Hawes I, Kim SH, Kim JH, Park SR (2019) Composition and structure of the marine benthic community in Terra Nova Bay, Antarctica: Responses of the benthic assemblage to disturbances. *PLoS One* 14:1–16.
- Karakassis I, Tsapakis M, Hatziyanni E (1998) Seasonal variability in sediment profiles beneath fish farm cages in the Mediterranean. *Mar Ecol Prog Ser* 162:243–252.
- Kasinathan C, Sukumaran S, Gandhi A, Boominathan N, Rajamani M (2007) On a rare species of Spanner crab *Ranina ranina* (Crustacea: Brachyura: Raninidae) from Gulf of Mannar, India. 89–90.

- Kaufmann RS, Wakefield WW, Genin A (1989) Distribution of epibenthic megafauna and lebensspuren on two central North Pacific seamounts. *Deep Sea Res Part A, Oceanogr Res Pap* 36:1863–1896.
- Kędra M, Renaud PE, Andrade H (2017) Epibenthic diversity and productivity on a heavily trawled Barents Sea bank (Tromsøflaket). *Oceanologia* 59:93–101.
- Keesing JK (1990) Feeding biology of the crown-of-thorns starfish, *Acanthaster planci* (Linnaeus). 225.
- Kelley DE (2018) *Oceanographic Analysis with R*.
- Klaus-Gerhard Z, Furtado A, Casper P, Schwark L (2004) Organic matter composition in the sediment of three Brazilian coastal lagoons-District of Macaé, Rio de Janeiro (Brazil). *An Acad Bras Cienc* 76:29–47.
- Klaus R, van Soest RWM, Piantoni C (2009) Sponges (Porifera) of the Gulf of Mexico. In: *Gulf of Mexico Origins, waters and biota*. p 285–313
- Knox GA (2000) *The ecology of seashores*. CRC, Boca Raton.
- Koblitz RV, Lima AP, Menin M, Rojas D, Condrati LH, Magnusson WE (2017) Effect of species-counting protocols and the spatial distribution of effort on rarefaction curves in relation to decision making in environmental-impact assessments. *Austral Ecol* 42:723–731.
- Kodama K, Oyama M, Kume G, Serizawa S, Shiraishi H, Shibata Y, Shimizu M, Horiguchi T (2010) Impaired megabenthic community structure caused by summer hypoxia in a eutrophic coastal bay. *Ecotoxicology* 19:479–492.
- Kokarev VN, Vedenin AA, Basin AB, Azovsky AI (2017a) Erratum to “Taxonomic and functional patterns of macrobenthic communities on a high-Arctic shelf: A case study from the Laptev Sea” *J. Sea Res.* 129 (2017) 61–69]. *J Sea Res* 129:61–69.
- Kokarev VN, Vedenin AA, Basin AB, Azovsky AI (2017b) Taxonomic and functional patterns of macrobenthic communities on a high-Arctic shelf: A case study from the Laptev Sea. *J Sea Res* 129:61–69.
- Krebs CJ (2014) Estimating abundance and density: additional methods. In: *Ecological Methodology*. Addison-Wesley, p 91–135

- Krebs CJ (1988) *The message of ecology*. HarperCollins Publishers, New England.
- Kuhnz LA, Ruhl HA, Huffard CL, Smith KL (2014) Rapid changes and long-term cycles in the benthic megafaunal community observed over 24 years in the abyssal northeast Pacific. *Prog Oceanogr* 124:1–11.
- Kuipers B, de Wilde P, Creutzberg F (1981) Energy Flow in a Tidal Flat Ecosystem. *Mar Ecol Prog Ser* 5:215–221.
- Kuk-Dzul JG, Díaz-Castañeda V (2016) The Relationship between Mollusks and Oxygen Concentrations in Todos Santos Bay, Baja California, Mexico. *J Mar Biol* 2016.
- Kunihiro M, Ozeki Y, Nogi Y, Hamamura N, Kanaly RA (2013) Benz[a]anthracene biotransformation and production of ring fission products by *Sphingobium* sp. strain KK22. *Appl Environ Microbiol* 79:4410–4420.
- Kutti T, Fossa JH, Bergstad OA (2015) Influence of structurally complex benthic habitats on fish distribution. *Mar Ecol Prog Ser* 520:175–190.
- de la Lanza Espino G, Gómez Rojas JC (2004) Physical and Chemical Characteristics of the Gulf of Mexico. 1:41–61.
- Laguarda-Figueras A, Gutiérrez-Castro A, Solís-Marín A, Durán-González A, Torres-Vega J (2005) Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Golfo de México. *Rev Biol Trop* 53:69–108.
- Laguarda-Figueras A, Solís-Marín FA, Honey-Escandón M, Solís-Weiss V (2013) First record of *Euthyonidiella destichada* (Echinodermata: Holothuroidea) in the Mexican Caribbean. *Rev Mex Biodivers* 84:1325–1328.
- Lakhrach H El, Hattour A, Jarboui O, Elhasni K, Ramos-Espla AA (2012) Spatial distribution and abundance of the megabenthic fauna community in Gabes gulf (Tunisia, eastern Mediterranean Sea) H. *Mediterr Mar Sci* 13:12–29.
- Lalana R, Varela C, Tariche N (2004) Compilación sobre los invertebrados colectados en las expediciones del ‘Atlantis’ en el archipiélago cubano. *Rev Investig Mar* 25:3–14.
- Lalli C, Parsons T (1997) *Biological oceanography an introduction*, Second edi. Elsevier Butterworth-Heinemann.

- Lamanna C, Blonder B, Violle C, Kraft NJB, Sandel B, Šímová I, Donoghue JC, Svenning JC, McGill BJ, Boyle B, Buzzard V, Dolins S, Jørgensen PM, Marcuse-Kubitz A, Morueta-Holme N, Peet RK, Piel WH, Regetz J, Schildhauer M, Spencer N, Thiers B, Wiser SK, Enquist BJ (2014) Functional trait space and the latitudinal diversity gradient. *Proc Natl Acad Sci U S A* 111:13745–13750.
- Lampitt RS, Billett DSM, Rice AL (1986) Biomass of the invertebrate megabenthos from 500 to 4100 m in the northeast Atlantic Ocean. *Mar Biol* 93:69–81.
- Lampitey E (2015) Eco-Functional benthic biodiversity assemblage patterns in the Guinea Current large marine ecosystem. University of Ghana
- Langone L, Conese I, Miserocchi S, Boldrin A, Bonaldo D, Carniel S, Chiggiato J, Turchetto M, Borghini M, Tesi T (2016) Dynamics of particles along the western margin of the Southern Adriatic: Processes involved in transferring particulate matter to the deep basin. *Mar Geol* 375:28–43.
- Lara-Martín PA, Gómez-Parra A, Petrovic M, Barceló D, González-Mazo E (2005) Distribución de contaminantes orgánicos en sedimentos costeros de la Bahía de Cádiz (SO de España) Distribution of organic pollutants in coastal sediments of Cádiz Bay (SW Spain). *Ciencias Mar* 31:203–212.
- Laughlin RA (1982) Feeding habits of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in the Apalachicola estuary, Florida. *Bull Mar Sci* 32:807–822.
- Laureto LMO, Cianciaruso MV, Samia DSM (2015) Functional diversity: An overview of its history and applicability. *Nat e Conserv* 13:112–116.
- Lavorel S, Leps J (2008) Instruction for calculating indices of functional diversity with file FuncDiv.xls. 24.
- Lawrence J, Vasquez J (1996) The effect of sublethal predation on the biology of echinoderms. *Oceanol Acta* 19:431–440.
- Lawrence JM (2014) Starfish: Biology and ecology of the Asteroidea. *Starfish Biol Ecol Asteroidea* 10:93–95.
- Lawrence JM, Jangoux M (2013) Cidaroids. In: *Sea urchins: biology and ecology*. Miller J (ed) Elsevier B.V., p 225–242

- Lawrence S, Voutier JL, Mark AEJ, Hanson JM (2008) Distribution, abundance, and feeding of a disjunct population of lady crab in the southern Gulf of St. Lawrence, Canada. *Aquat Ecol* 42:43–60.
- Lawton JH (1994) What do species do in ecosystems? *Oikos* 71:367–374.
- Laxson CJ, Condon NE, Drazen JC, Yancey PH (2011) Decreasing urea: Trimethylamine N-oxide ratios with depth in chondrichthyes: A physiological depth limit? *Physiol Biochem Zool* 84:494–505.
- Lee RF, Page DS (1997) Petroleum hydrocarbons and their effects in subtidal regions after major oil spills. *Mar Pollut Bull* 34:928–940.
- Lee SY (1996) Distribution pattern and interaction of two infaunal bivalves, *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve) and *Anomalocardia squamosa* (Linnaeus) (Bivalvia: Veneridae). *J Exp Mar Bio Ecol* 201:253–273.
- Legendre P (2014) Interpreting the replacement and richness difference components of beta diversity. *Glob Ecol Biogeogr* 23:1324–1334.
- Legendre P, Borcard D (2018) Box–Cox-chord transformations for community composition data prior to beta diversity analysis. *Ecography (Cop)* 41:1820–1824.
- Legendre P, De Cáceres M (2013) Beta diversity as the variance of community data: Dissimilarity coefficients and partitioning. *Ecol Lett* 16:951–963.
- Leite FPP, Pavani L, Tanaka MO (2016) Variação temporal das assembleias de epi- e endofauna associadas com a esponja vermelha *Tedania ignis* em um costão rochoso (Canal de São Sebastião), SE, Brasil. *Iheringia - Ser Zool* 106.
- De Léo FC, Pires-Vanin A (2006) Benthic megafauna communities under the influence of the South Atlantic Central Water intrusion onto the Brazilian SE shelf: A comparison between an upwelling and a non-upwelling ecosystem. *J Mar Syst* 60:268–284.
- De Leo FC, Smith CR, Rowden AA, Bowden DA, Clark MR (2010) Submarine canyons: Hotspots of benthic biomass and productivity in the deep sea. *Proc R Soc B Biol Sci* 277:2783–2792.
- Leonard D, Clarke K, Somerfield P, Warwick R (2006) The application of an indicator based on taxonomic distinctness for UK marine biodiversity assessments. *J Environ Manage* 78:52–

62.

- Leps J, Bello F De, Lavorel S, Berman S, Republic C (2006) Quantifying and interpreting functional diversity of natural communities: practical considerations matter. *Preslia* 78:481–501.
- Lessard-Pilon S, Porter MD, Cordes EE, MacDonald I, Fisher CR (2010a) Community composition and temporal change at deep Gulf of Mexico cold seeps. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 57:1891–1903.
- Lessard-Pilon SA, Podowski EL, Cordes EE, Fisher CR (2010b) Megafauna community composition associated with *Lophelia pertusa* colonies in the Gulf of Mexico. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 57:1882–1890.
- Letters E, Barbara S, Micheli F, Halpern BS (2005) Low functional redundancy in coastal marine assemblages. *Ecol Lett* 8:391–400.
- Levin LA (2003) Oxygen minimum zone benthos: adaptation and community response to hypoxia. *Oceanogr Mar Biol* 41:1–45.
- Li B, Wang Q, Li B (2013) Assessing the benthic ecological status in the stressed coastal waters of Yantai, Yellow Sea, using AMBI and M-AMBI. *Mar Pollut Bull* 75:53–61.
- Li J, Peng X, Zhou H, Li J, Chen S, Wu Z, Yao H (2012) Characteristics and source of polycyclic aromatic hydrocarbons in the surface hydrothermal sediments from two hydrothermal fields of the Central Indian and Mid-Atlantic Ridges. *Geochem J* 46:31–43.
- Libes S (2009) *Introduction to marine biogeochemistry*. Elsevier, San Diego.
- Liddell D (1982) Suspension feeding by Caribbean comatulid crinoids. In: *Echinoderms: Proceedings of the International Conference Tampa Bay*. Lawrence J (ed) A.A. Balkema, Rotterdam, p 529
- Liddell W (1979) Shallow-water comatulid crinoids (Echinodermata) from Barbados, West Indies. *Can J Zool* 57:2413–2420.
- Liebezeit G, Wöstmann R (2009) N-alkanes as indicators of natural and anthropogenic organic matter sources in the Siak river and its estuary, e Sumatra, Indonesia. *Bull Environ Contam Toxicol* 83:403–409.

- Lima PA, Andrade LS, Alencar CERD, Pereira RT, Teixeira GM, Fransozo A (2014) Two species of swimming crabs of the genus *Achelous* (Crustacea, Brachyura): Environmental requirements determining the niche. *Hydrobiologia* 727:197–207.
- Linse K (1999) Abundance and diversity of Mollusca in the Beagle Channel *. *Sci Mar* 63:391–397.
- Lista M, Velásquez C, Prieto A, Longart Y (2016) Esfuerzo reproductivo, índice de engorde y rendimiento de *Arca zebra* (Filibranchia: Arcidae) por talla y su asociación con variables ambientales, Sucre, Venezuela. *Rev Biol Trop* 64:617–633.
- Loh KS, Todd PA (2011) Diet and feeding in the sea star *Astropecten indicus* (Döderlein, 1888). *Raffles Bull Zool* 59:251–258.
- Long BG, Poiner IR, Wassenberg TJ (1995a) Distribution, biomass and community structure of megabenthos of the Gulf of Carpentaria, Australia. *Mar Ecol Prog Ser* 129:127–139.
- Long E, Morgan L (1990) The potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the national status and trends program. Seattle, Washington.
- Long ER, Macdonald DD, Smith SL, Calder FD (1995b) Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environ Manage* 19:81–97.
- López-Gómez AM, Williams-Linera G (2006) Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín la Soc Botánica México* 78:7–15.
- López-Macias R, Cobos-Gasca V, Cabañas-Vargas D, Rendón von Osten J (2019) Presence and spatial distribution of polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) in groundwater of Merida City, Yucatan, Mexico. *Bull Environ Contam Toxicol* 102:538–543.
- Lopez GR, Levinton JS (2012) *Particulate Organic Detritus and Detritus Feeders in Coastal Food Webs*. Elsevier Inc.
- Lumsden S, Hourigan T, Bruckener A, Dorr G (2007) *The state of deep coral ecosystems of the United States: 2007*.
- Lutjeharms JRE, Meeuwis JM (1987) The extent and variability of South-East Atlantic upwelling.

- South African J Mar Sci 5:51–62.
- Maas M (2004) Inventario de las esponjas marinas (Porifera: Demospongiae) de la colección de referencia de bentos costeros de Ecosur. Univ y Cienc 39:23–38.
- Macdonald DD, Carr RS, Calder FD, Long ER, Ingersoll CG (1996) Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. Ecotoxicology 5:253–278.
- MacDonald IR, Bohrmann G, Escobar E, Abegg F, Blanchon P, Blinova V, Brückmann W, Drews M, Eisenhauer A, Han X, Heeschen K, Meler F, Mortera C, Naehr T, Orcutt B, Bernard B, Brooks J, De Faragó M (2004) Asphalt Volcanism and Chemosynthetic Life in the Campeche Knolls, Gulf of Mexico. Science (80-) 304:999–1002.
- Magni P, Micheletti S, Casu D, Floris A, De Falco G, Castelli A (2004) Macrofaunal community structure and distribution in a muddy coastal lagoon. Chem Ecol 20:37–41.
- Magurran A, McGill B (2011) Biological biodiversity frontiers in measurement and assessment. 368.
- Magurran AE (2004) Measuring Biological Diversity.
- Mah CL, Blake DB (2012) Global Diversity and Phylogeny of the Asteroidea (Echinodermata). PLoS One 7.
- Mahaut ML, Basuyaux O, Baudinière E, Chataignier C, Pain J, Caplat C (2013) The porifera *Hymeniacidon perlevis* (Montagu, 1818) as a bioindicator for water quality monitoring. Environ Sci Pollut Res 20:2984–2992.
- Margalef R (1977) Ecología, Segunda ed. Omega, Barcelona.
- Marín B, Cadavid B, Panizzo L, Lesmes L, Sanchez J, Lozano H, Franco A (2003) Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos).
- Martín-Cao-Romero C, Solís-Marín FA, Laguarda-Figueras A, Estela B, Sánchez B (2017) *Phataria unifascialis* (Valvatida: Ophidiasteridae) from the Eastern Pacific: Redescription and skeletal morphology. Rev Biol Trop 65:258–271.
- Martin GD, Nisha PA, Balachandran KK, Madhu N V., Nair M, Shaiju P, Joseph T, Srinivas K, Gupta GVM (2011) Eutrophication induced changes in benthic community structure of a

- flow-restricted tropical estuary (Cochin backwaters), India. *Environ Monit Assess* 176:427–438.
- Martínez-Mayén M, Román-Contreras R (2009) Reproduction of *Periclimenes siankaanensis* (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) in Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, Mexico. *Crustaceana* 82:27–37.
- Martínez-Melo A, Solís-Marín FA, Laguarda-Figueras A (2014) New record of the irregular sea urchin *Rhynobrissus cuneus* (Echinoidea: Brissidae). *Rev Mex Biodivers* 85:617–620.
- Martins R, Sampaio L, Quintino V, Rodrigues AM (2014) Diversity, distribution and ecology of benthic molluscan communities on the Portuguese continental shelf. *J Sea Res* 93:75–89.
- Matturo B, Ubaldi C, Grenni P, Caracciolo AB, Rossetti S (2016) Polychlorinated biphenyl (PCB) anaerobic degradation in marine sediments: microcosm study and role of autochthonous microbial communities. *Environ Sci Pollut Res* 23:12613–12623.
- Maximov AA, Golubkov SM, Petukhov VA (2014) Distribution of energy flow in bottom community between different size groups of zoobenthos (using the example of Neva Bay). *Int Water Biol* 7:372–380.
- May-Kú MA, Kuk-Dzul JG, Herrera-Dorantes T, Ardisson PL (2016) Density and depth distribution of the sympatric species *Squilla chydrea* and *Squilla empusa* (Stomatopoda: Squillidae) in the southern Gulf of Mexico. *Bull Mar Sci* 92:181–190.
- Mayer M, Piepenburg D (1996) Epibenthic community patterns on the continental slope off East Greenland at 75°N. *Mar Ecol Prog Ser* 143:151–164.
- Maynou F, Abelló P, Sartor P (2004) A review of the fisheries biology of the mantis shrimp, *Squilla mantis* (L., 1758) (Stomatopoda, Squillidae) in the Mediterranean. *Crustaceana* 77:1081–1099.
- Mayo BS (1973) A review of the genus *Cancellus* (Crustacea: Diogenidae) with the description of a new species from the Caribbean Sea. *Smithson Contrib to Zool*:63.
- Mazerolle MMJ (2020) Package ‘AICcmodavg’.
- Mazzoni AC, Lanzer R, Schafer A (2014) Tolerance of benthic macroinvertebrates to organic enrichment in highland streams of northeastern Rio Grande do Sul, Brazil. *Acta Limnol Bras*

26:119–128.

McCann KS (2000) The diversity - stability debate. *Nature* 405:228–233.

McClain CR, Rex MA (2015) Toward a Conceptual Understanding of β -Diversity in the Deep-Sea Benthos. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 46:623–642.

McClintock JB (1994) Trophic biology of Antarctic shallow-water echinoderms. *Mar Ecol Prog Ser* 111:191–202.

McClintock JB, Lawrence JM (1985) Characteristics of foraging in the soft-bottom benthic starfish *Luidia clathrata* (echinodermata: Asteroidea): prey selectivity, switching behavior, functional responses and movement patterns. *Oecologia* 66:291–298.

McGuire T (2008) History of the Offshore Oil and Gas Industry in Southern Louisiana. Baton Rouge.

McLaren P, Bowles D (1985) The Effects Of Sediment Transport On Grain- Size Distributions. *J Sediment Petrol* 4:4.

McLaughlin P (1980) Comparative morphology of recent crustacea. W.H. Freeman and Co Ltd, San Francisco.

Mcleay LJ, Sorokin SJ, Rogers PJ, Ward T (2003) Benthic Protection Zone of the Great Australian Bight Marine Park : 1 . Literature Review.

McTigue TA, Zimmerman RJ (1991) Carnivory vs. herbivory in juvenile *Penaeus setiferus* (Linnaeus) and *Penaeus aztecus* (Ives). *J Exp Mar Bio Ecol* 151:1–16.

Meireles AL, Mantelatto FL (2008) Biological features of a puzzling symbiotic association between the hermit crab *Dardanus insignis* and the porcellanid crab *Porcellana Sayana* (Crustacea). *J Exp Mar Bio Ecol* 362:38–42.

Mello C (2009) Evaluación de patrones de diversidad en algunos macrogasterópodos bentónicos de la plataforma Continental interna uruguaya.

de Melo G (2015) The Brachyura (Decapoda) of Ilha Grande Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Nauplius* 16:1–22.

Melo GAS de (2010) The Brachyura (Crustacea: Decapoda) collected by the GEDIP project between Torres, Rio Grande do Sul (Brazil) and Maldonado (Uruguay). *Atlântica* 32:39–57.

- Mendoza R, Arreaga N, Hernández J, Segovia V, Jasso I (2011a) Especies acuáticas invasoras en la región ecológica Río Bravo/Laguna Madre. Monreal.
- Merino MM (1997) Upwelling on the Yucatan Shelf: Hydrographic evidence. *J Mar Syst* 13:101–121.
- Messing CG, Dearborn JH (1990) Marine flora and fauna of the Northeastern United States Echinodermata: Crinoidea.
- Metcalf G (1976) Caribbean-Atlantic water exchange through the Anegada-Jungfern passage. *J Geophys Res* 81:6401–6409.
- Metcalf CD, Beddows PA, Bouchot GG, Metcalfe TL, Li H, Van Lavieren H (2011) Contaminants in the coastal karst aquifer system along the Caribbean coast of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Environ Pollut* 159:991–997.
- Meyer DL (1973) Feeding behavior and ecology of shallow-water unstalked crinoids (echinodermata) in the Caribbean Sea. *Mar Biol* 22:105–129.
- Meyer DL, Macurda DB (1976) Distribution of shallow-water crinoids near Santa Marta, Colombia. *Mitt Inst Colombo-Alemán Invest cient* 8:141–156.
- Michel J (2013) South Atlantic Information Resources: Data Search and Literature Synthesis. Report:984.
- Middelburg JJ (2018) Reviews and syntheses: To the bottom of carbon processing at the seafloor. *Biogeosciences* 15:413–427.
- Miller L (2006) The Offshore Petroleum Industry in the Gulf of Mexico : A Continuum of Activities.
- Mistri M (2002) Persistence of benthic communities: A case study from the Valli di Comacchio, a Northern Adriatic lagoonal ecosystem (Italy). *ICES J Mar Sci* 59:314–322.
- Mistri M, Munari C (2015) The performance of biomass-based AMBI in lagoonal ecosystems. *Mar Pollut Bull* 99:126–137.
- Mitchell RJ, Auld MHD, Le Duc M, Marrs RH (2000) Ecosystem stability and resilience: a review of their relevance for the conservation management of lowland heaths. *Perspect Plan Ecol Evol Syst* 3/2:142–160.

- Molen J van der, García-García LM, Whomersley P, Callaway A, Posen PE, Hyder K (2018) Connectivity of larval stages of sedentary marine communities between hard substrates and offshore structures in the North Sea. *Sci Rep* 8:1–14.
- Montagna PA, Baguley JG, Cooksey C, Hartwell I, Hyde LJ, Hyland JL, Kalke RD, Kracker LM, Reuscher M, Rhodes ACE (2013) Deep-Sea Benthic Footprint of the Deepwater Horizon Blowout. *PLoS One* 8.
- Montagna PA, Ritter C (2006) Direct and indirect effects of hypoxia on benthos in Corpus Christi Bay, Texas, U.S.A. *J Exp Mar Bio Ecol* 330:119–131.
- Montalvo C, Aguilar CA, Amador LE, Ceron JG, Ceron RM, Anguebes F, Cordova A V. (2014) Metal Contents in Sediments (Cd, Cu, Mg, Fe, Mn) as Indicators of Pollution of Palizada River, Mexico. *Environ Pollut* 3:89–98.
- Montgomery MT, Osburn CL, Furukawa Y, Gieskes JM (2008) Increased capacity for polycyclic aromatic hydrocarbon mineralization in bioirrigated coastal marine sediments. *Bioremediat J* 12:98–110.
- Montserrat F, Van Colen C, Degraer S, Ysebaert T, Herman PMJ, Colen C Van, Degraer S, Ysebaert T, Herman PMJ, Pen O, Colen C Van, Degraer S, Ysebaert T, Herman PMJ (2008) Benthic community-mediated sediment dynamics. *Mar Ecol Prog Ser* 372:43–59.
- Moodley L, Heip CHRR, Middelburg JJ, L LM, Heip CHRR, Middelburg JJ, Moodley L, Heip CHRR, Middelburg JJ (1998) Benthic activity in sediments of the northwestern Adriatic Sea: Sediment oxygen consumption, macro- and meiofauna dynamics. *J Sea Res* 40:263–280.
- Morelli F, Tryjanowski P (2016) The dark side of the “redundancy hypothesis” and ecosystem assessment. *Ecol Complex* 28:222–229.
- Moreno C (2001) Métodos para medir la biodiversidad M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Desarrollo. PI de C y T para el (ed) GORFI, S.A., Zaragoza.
- Morgado EH, Tanaka MO (2001) The macrofauna associated with the bryozoan *Schizoporella errata* (Walters) in Southeastern Brazil. *Sci Mar* 65:173–181.
- Morgan GJ (1990) Environmentally induced subsymmetry in the hermit crab, *Calcinus dapsiles* Morgan (Decapoda, Diogenidae). *Rec West Aust Museum* 14:657-659,illustr.

- Morrison JM, Nowlin WD (1982) General distribution of water masses within the eastern Caribbean Sea during the winter of 1972 and fall of 1973. *J Geophys Res* 87:4207.
- Morton B (1980) Swimming in *Amusium pleuronectes* (Bivalvia: Pectinidae). *J Zool London* 190:375–404.
- Morton B, Thurston MH (1989) The functional morphology of *Propeamussium lucidum* (Bivalvia: Pectinacea), a deep-sea predatory scallop. *J Zool* 218:471–496.
- Mosher C V., Watling L (2009) Partners for life: A brittle star and its octocoral host. *Mar Ecol Prog Ser* 397:81–88.
- Muñiz-Irigoyen CG (2001) Variación de la estructura comunitaria de la infauna macrobentónica en el gradiente batimétrico del sector de occidental del escarpe de Campeche, suroeste del Golfo de México.
- Murillo FJ, Weigel B, Bouchard Marmen M, Kenchington E (2019) Marine epibenthic functional diversity on Flemish Cap (north-west Atlantic)—Identifying trait responses to the environment and mapping ecosystem functions. *Divers Distrib*:460–478.
- Murphy EJ, Hofmann EE (2012) End-to-end in Southern Ocean ecosystems. *Curr Opin Environ Sustain* 4:264–271.
- Mutlu E, Ergev MB (2013) Depth-related gradient of soft-bottom crustacean distribution along the Cilician shelf *. *Turkish J Zool* 37:262–276.
- Mutlu E, Ergev MB (2012) Distribution of soft-bottom mollusks (Mollusca) in Mersin Bay (eastern Mediterranean Sea). *Turkish J Zool* 36:430–446.
- Muxika I, Borja Á, Bald J (2007a) Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Mar Pollut Bull* 55:16–29.
- Muxika I, Borja A, Bonne W (2005) The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecol Indic* 5:19–31.
- Muxika I, Ibaibarriaga L, Sáiz JI, Borja Á (2007b) Minimal sampling requirements for a precise assessment of soft-bottom macrobenthic communities, using AMBI. *J Exp Mar Bio Ecol* 349:323–333.

- Neff J (2002) Bioaccumulation in marine organisms: effect of contaminants from oil well produced water, First edit. Elsevier Ltd, Oxford.
- Nephtin J, Juniper SK, Archambault P (2014) Diversity, abundance and community structure of benthic macro- And megafauna on the beaufort shelf and slope. PLoS One 9:1–11.
- Neumann B, Vafeidis AT, Zimmermann J, Nicholls RJ (2015) Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding - A global assessment. PLoS One 10.
- Nikolaou A, Kostopoulou M, Lofrano G, Meric S (2009) Determination of PAHs in marine sediments: Analytical methods and environmental concerns. Glob Nest J 11:391–405.
- NOAA (2018) Cold & Warm episodes by season ONI index. https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php (accessed 15 June 2018)
- Nohrén E, Odelgård E (2010) Response of epibenthic faunal assemblages to varying vegetation structures and habitat patch size. Aquat Biol 9:139–148.
- Nonova T, Tosheva Z (2016) ⁹⁰Sr, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po and Ra isotopes in marine macroalgae and mussel *Mytilus galloprovincialis* from the Bulgarian Black Sea zone. J Radioanal Nucl Chem 307:1183–1194.
- Norkko A, Villnäs A, Norkko J, Valanko S, Pilditch C (2013) Size matters: Implications of the loss of large individuals for ecosystem function. Sci Rep 3:1–7.
- Norkko J, Shumway S (2011) Bivalves as bioturbators and bioirrigators. In: *Shellfish Aquaculture and the Environment*,. Edition F (ed) John Wiley & Sons, Inc., p 297–317
- Noyola Regil J, Mascaro M, Díaz F, Denisse Re A, Sánchez-Zamora A, Caamal-Monsreal C, Rosas C (2015) Thermal biology of prey (*Melongena corona bispinosa*, *Strombus pugilis*, *Callinectes similis*, *Libinia dubia*) and predators (*Ocyurus chrysurus*, *Centropomus undecimalis*) of *Octopus maya* from the Yucatan Peninsula. J Therm Biol 53:151–161.
- Nunes B (2012) Dinâmica populacional do camarão pedra *Sicyonia Typica* (Boeck , 1864) (Penaeoidea: Sicyoniidae) no litoral norte do Estado De São Paulo
- Nystro M, Nyström M, Graham NAJ, Lokrantz J, Norström A V., Nystro M (2008) Capturing the cornerstones of coral reef resilience: Linking theory to practice. Coral Reefs 27:795–809.

- Ohkouchi N, Kawamura K, Taira A (1997) Fluctuations of terrestrial and marine biomarkers in the western tropical Pacific during the last 23,300 years. *Paleoceanography* 12:623–630.
- Ohkouchi N, Kawamura K, Takemoto N, Ikehara M, Nakatsuka T (2000) Implications of carbon isotope ratios of C₂₇-C₃₃ alkanes and C₃₇ alkenes for the sources of organic matter in the Southern Ocean surface sediments. *Geophys Res Lett* 27:233–236.
- Olav H, Sømme O, Ofteda-Sømme HO, Olav H, Sømme O, Ofteda-Sømme HO (2012) The effect of marinas on infaunal communities in *Zostera marina* meadows and unvegetated sediments. University of Oslo
- Owada M (2009) Organic sheets in the shells of endolithic mytilids (Bivalvia: Mytilidae). *Paleontol Res* 13:159–166.
- Özcan T, Katağan T (2011) Decapod Crustaceans associated with the sponge *Sarcotragus muscarum* Schmidt, 1864 (Porifera: Demospongiae) from the Levantine coasts of Turkey. *Iran J Fish Sci* 10:286–293.
- Paganelli D, Marchini A, Forni G, Occhipinti-Ambrogi A (2011) Functional diversity of the soft-bottom macrobenthos community at 3km off the Emilia-Romagna coastline. *Stud Trentini di Sci Nat* 89:99–105.
- Paganelli D, Marchini A, Occhipinti-Ambrogi A (2012) Functional structure of marine benthic assemblages using Biological Traits Analysis (BTA): A study along the Emilia-Romagna coastline (Italy, North-West Adriatic Sea). *Estuar Coast Shelf Sci* 96:245–256.
- Pagola-Carte S (2004) ABC method and Biomass Size Spectra: What about macrozoobenthic biomass on hard substrata. *Hydrobiologia* 527:163–176.
- Palacios DM, Hazen EL, Schroeder ID, Bograd SJ (2013) Modeling the temperature-nitrate relationship in the coastal upwelling domain of the California Current. *J Geophys Res Ocean* 118:3223–3239.
- Paller MH (2018) Estimating fish species richness across multiple watersheds. *diversity* 10:1–25.
- Pandian TJ (1980) Impact of dam-building on marine life. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 33:415–421.
- Pansini M, Cattaneo-Vietti R, Schiaparelli S (1999) Relationship between sponges and a taxon of

- obligatory inquilines: the siliquariid molluscs. *Mem Queensl Museum* 44:427–438.
- Parkes RJ, Taylor J (1983) The relationship between fatty acid distributions and bacterial respiratory types in contemporary marine sediments. *Estuar Coast Shelf Sci* 16.
- Pascal PY, Dubois SF, Goffette A, Lepoint G (2017) Influences of geothermal sulfur bacteria on a tropical coastal food web. *Mar Ecol Prog Ser* 578:73–85.
- Pasqueron De Fommervault O, Perez-Brunius P, Damien P, Camacho-Ibar VF, Sheinbaum J (2017) Temporal variability of chlorophyll distribution in the Gulf of Mexico: Bio-optical data from profiling floats. *Biogeosciences* 14:5647–5662.
- Patella FJ, Cody TJ, Sullivan LF (1987) MEXUS-Gulf Shrimp Research, 1978-84. *Mar Fish Rev* 49:21–30.
- Pattillo M, Czaplá T, Nelson D, Monaco M (1997) Distribution and abundance of fishes and invertebrates in Gulf of Mexico estuaries Volume II: species life history summaries.
- Patton JS, Rigler MW, Boehm PD, Fiest DL (1981) Ixtoc 1 oil spill: Flaking of surface mousse in the Gulf of Mexico. *Nature* 290:235–238.
- Paturi RCG, Myla SC (2017) Food and Feeding Habits of the Deep-Water Mud Shrimp (*Solenocera melantho*) of Visakhapatnam Coast, India. *Not Sci Biol* 9:161.
- Paul-Pont I, Lacroix C, González Fernández C, Hégaret H, Lambert C, Le Goïc N, Frère L, Cassone AL, Sussarellu R, Fabioux C, Guyomarch J, Albentosa M, Huvet A, Soudant P (2016) Exposure of marine mussels *Mytilus* spp. to polystyrene microplastics: Toxicity and influence on fluoranthene bioaccumulation. *Environ Pollut* 216:724–737.
- Pauly DA (1980) A selection of simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish Circ* 729:1–54.
- Pawar PR, Mohammad AR, Tawah S Al (2017) Marine sponges as Bioindicator species of Environmental Stress at Uran (Navi Mumbai), west coast of India. *Am J Sustain Agric* 11:29–37.
- Pawlik JR, McFall G, Zea S (2002) Does the odor from sponges of the genus *Ircinia* protect them from fish predators? *J Chem Ecol* 28:1103–1115.
- Pawson D, Vance D, Messing C, Marin FS-, Mah CL, Solis-marin F (2009) Echinodermata of the

- Gulf of Mexico. In: *Gulf of Mexico—Origins, Waters, and Biota. Biodiversity*. Felder D, Camp D (eds) Texas A&M University Press, p 1177–1204
- Pawson DL (1978) The echinoderm fauna of Ascension Island, South Atlantic Ocean. Smithsonian Institution Press.
- Pearson TH, Rosenberg R (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr Mar Biol An Annu Rev* 16:229–311.
- Pelletier M, Gillett D, Hamilton A, Grayson T, Hansen V, Leppo E, Weisberg S, Borja A (2018) Adaptation and application of multivariate AMBI (M-AMBI) in US coastal waters. *Ecol Indic* 89:818–827.
- Pequegnat WE (1983) The ecological communities of the continental slope and adjacent regimes of the northern Gulf of Mexico. *United States Dep Inter Miner Manag Serv* 11:1–39.
- Pequegnat WE, Gallaway BJ, Pequegnat LH (1990) Aspects of the Ecology of the Deep-water Fauna of the Gulf of Mexico. *Am Zool* 30:45–64.
- Pérez-Peña M, Ríos-Jara E (1998) Gastropod mollusks from the continental shelf off Jalisco and Colima, Mexico: Species collected with a trawl net. *Ciencias Mar* 24:425–442.
- Pérez D (2011) Incidencia de la pesca industrial del camarón sobre los macroinvertebrados en el Caribe colombiano. Universidad Nacional de Colombia
- Pérez I (1976) American Solenocerid Shrimps of the Genera *Hadropenaeus* new genus, and *Mesopenaeus* new genus. *Fish Bullentin* 75:261–346.
- Perez JAA, Kitazato H, Sumida PYG, Sant’Ana R, Mastella AM (2018) Benthopelagic megafauna assemblages of the Rio Grande Rise (SW Atlantic). *Deep Res Part I Oceanogr Res Pap* 134:1–11.
- Perez R, Muller-Karger E, Victoria A, Melo N, Cerderia S (1999) Cuban, Mexican, U.S. Researchers Probing Mysteries of Yucatan Current. *Eos (Washington DC)* 80:153–164.
- Pérez T, Díaz M-C, Klautau M, Hajdu E, Lobo-hajdu G, Zea S, Pomponi S, Thacker RW, Carteron S, Tollu G, Puget-Curvelier A, Thélamon P, Marechal J, Pouget-couvelier A, Thélamon P, Marechal J-P, Thomas O, Vacelet AEJ, Boury-Esnault N (2017) How a collaborative integrated taxonomic effort has trained new spongiologists and improved knowledge of

- Martinique Island (French Antilles , eastern Caribbean Sea) marine biodiversity. *PLoS One* 12:1–27.
- Perin G, Bonardi M, Fabris R, Simoncini B, Manente S, Tosi L, Scotto S (1997) Heavy metal pollution in central venice lagoon bottom sediments: Evaluation of the metal bioavailability by geochemical speciation procedure. *Environ Technol (United Kingdom)* 18:593–604.
- Perkol-Finkel S, Benayahu Y (2005) Recruitment of benthic organisms onto a planned artificial reef: Shifts in community structure one decade post-deployment. *Mar Environ Res* 59:79–99.
- Perry E, Velazquez-Oliman G, Socki R (2015) Hydrogeology of the Yucatán Peninsula. p 115–138
- Perry H, Larsen K (2004) The State of Deep Coral Ecosystems of the United States: 2007. SEAMAP Pict Guid:277.
- Petchey OL, Gasyon K, Gaston KJ (2006) Functional diversity:back to basics and looking forward. *Ecol Lett* 9:741–758.
- Petović S, Marković O, Ikica Z, Đurović M, Joksimović A (2016) Effects of bottom trawling on the benthic assemblages in the south Adriatic Sea (Montenegro). *Acta Adriat* 57:81–92.
- Pezeshki SR, Hester MW, Lin Q, Nyman JA (2000) The effects of oil spill and clean-up on dominant US Gulf coast marsh macrophytes: A review. *Environ Pollut* 108:129–139.
- Phillips J a, Koskela T V, Collins D (2008) 13th International Marine Biological Workshop The Marine Fauna and Flora of Memoirs of the Queensland Museum | Nature Ecophysiological status of nine species of macroalgae. *Nature* 54:421–426.
- Pica D, Bastari A, Vaga CF, Di Camillo CG, Montano S, Puce S (2017) Hydroid diversity of Eilat Bay with the description of a new *Zanclaea* species. *Mar Biol Res* 13:469–479.
- Piepenburg D, Archambault P, Ambrose WG, Blanchard AL, Bluhm BA, Carroll ML, Conlan KE, Cusson M, Feder HM, Grebmeier JM, Jewett SC, Lévesque M, Petryashev V V., Sejr MK, Sirenko BI, Włodarska-Kowalczyk M (2011) Towards a pan-Arctic inventory of the species diversity of the macro- and megabenthic fauna of the Arctic shelf seas. *Mar Biodivers* 41:51–70.
- Piepenburg D, Chernova NV V., von Dorrien CFF, Gutt. J, Neyelov AV V., Rachor E, Saldanha

- L, Schmid MKK, Gutt J, Neyelov AV V., Rachor E, Saldanha L, Schmid MKK (1996) Megabenthic communities in the waters around Svalbard. *Polar Biol* 16:431–446.
- Piepenburg D, Schmid MK (1996) Distribution, abundance, biomass, and mineralization potential of the epibenthic megafauna of the Northeast Greenland shelf. *Mar Biol* 125:321–332.
- Piepenburg D, Voss JG, Gutt J (1997) Assamblages of sea stars and brittle stars in the Weddell Sea and off Northeast Greenland: a comparison of diversity and abundance. *Polar Biol* 17:305–322.
- Pilditch CA, Leduc D, Nodder SD, Probert PK, Bowden DA (2015) Spatial patterns and environmental drivers of benthic infaunal community structure and ecosystem function on the New Zealand continental margin. *New Zeal J Mar Freshw Res* 49:224–246.
- Pinedo S, Jordana E, Salas F, Subida MD, Adiego EG, Torres J (2012) Testing MEDOCC and BOPA indices in shallow soft-bottom communities in the Spanish Mediterranean coastal waters. *Ecol Indic* 19:98–105.
- Pinna M, Marini G, Rosati I, Neto JM, Patrício J, Marques JC, Basset A (2013) The usefulness of large body-size macroinvertebrates in the rapid ecological assessment of Mediterranean lagoons. *Ecol Indic* 29:48–61.
- Pires-Vanin AMA (2001) Identifying the components of ecological variation in a marine benthic megafauna. *Rev Bras Oceanogr J Oceanogr* 49:29–38.
- Pires A (1992) Structure and dynamics of benthic megafauna on the continental shelf offshore of Ubatuba, southeastern Brazil. *Mar Ecol Prog Ser* 86:63–76.
- Pirtle JL, Weber TC, Wilson CD, Rooper CN (2015) Assessment of trawlable and untrawlable seafloor using multibeam-derived metrics. *Methods Oceanogr* 12:18–35.
- Pitcher C, Doherty P, Arnold P, Hooper J, Gribble N, Bartlett C, Browne M, Campbell N, Cannard T, Cappo M, Carini G, Chalmers S, Cheers S, Chetwynd D, Colefax A, Coles R, Cook S, Davie P, De'ath G, Devereux D, Done B, Donovan T, Ehrke B, Ellis N, Ericson G, Fellegara I, Forcey K, Furey M, Gledhill D, Good N, Gordon S, Haywood M, Hendriks P, Jacobsen I, Johnson J, Jones M, Kinninmoth S, Kistle S, Last P, Leite A, Marks S, McLeod I, Oczkowicz S, Robinson M, Rose C, Seabright D, Sheils J, Sherlock M, Skelton P, Smith D, Smith G, Speare P, Stowar M, Strickland C, Van der Geest C, Venables W, Walsh C, Wassenberg T,

- Welna A, Yearsley G (2007) Seabed biodiversity on the continental shelf of the Great Barrier Reef world heritage area.
- Pitcher R, Ellis N, Venables W, Wassenberg T, BurrIDGE C, Smith G, Browne M, Pantus F, Poiner I, Doherty P, Hooper J, Gribble N (2015) Effects of trawling on sessile megabenthos in the Great Barrier Reef and evaluation of the efficacy of management strategies. *ICES J Mar Sci*.
- Pla L (2006) Biodiversidad: índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia* 31:583–590.
- Porter JS, Ellis JR, Hayward P, Rogers SI, Callaway R (2002) Geographic variation in the abundance and morphology of the bryozoan *Alcyonidium diaphanum* (Ctenostomata: Alcyonidiidae) in UK coastal waters. *J Mar Biol Assoc United Kingdom* 82:529–535.
- Powers LW (1977) Crabs (Brachyura) of the Gulf of Mexico. *Contrib Mar Sci* 20:1–189.
- Pranovi F, Raicevich S, Franceschini G, Torricelli P, Giovanardi O (2001) Discard analysis and damage to non-target species in the ‘rapido’ trawl fishery. *Mar Biol* 139:863–875.
- Prato S, Morgana JG, La Valle P, Finoia MG, Lattanzi L, Nicoletti L, Ardizzone GD, Izzo G, Valle P La, Finoia MG, Lattanzi L, Nicoletti L, Ardizzone GD, Izzo G, Casaccia E, Anguillarese V, La Valle P, Finoia MG, Lattanzi L, Nicoletti L, Ardizzone GD, Izzo G (2009) Application of biotic and taxonomic distinctness indices in assessing the Ecological Quality Status of two coastal lakes: Caprolace and Fogliano lakes (Central Italy). *Ecol Indic* 9:568–583.
- Pratt MC (2008) Living where the flow is right: how flow affects feeding in bryozoans. *Integr Comp Biol* 48:808–822.
- Priede IG, Billett DSM, Brierley AS, Hoelzel AR, Inall M, Miller PI (2013) The ECO-MAR (Ecosystem of the Mid-Atlantic Ridge at the Sub-Polar Front and Charlie Gibbs Fracture Zone) project: Description of the benthic sampling programme 2007-2010. *Mar Biol Res* 9:624–628.
- Puccio V, Relini M, Azzurro E, Relini LO (2006) Feeding habits of *Percnon gibbesi* (H. Milne Edwards, 1853) in the Sicily Strait. *Hydrobiologia* 557:79–84.
- Puerta P, Johnson C, Carreiro-Silva M, Henry LA, Kenchington E, Morato T, Kazanidis G, Rueda JL, Urrea J, Ross S, Wei CL, González-Irusta JM, Arnaud-Haond S, Orejas C (2020) Influence of water masses on the biodiversity and biogeography of deep-sea benthic ecosystems in the north Atlantic. *Front Mar Sci* 7:1–25.

- Pusceddu A, Bianchelli S, Martin J, Puig P, Palanques A, Masque P, Danovaro R (2014) Chronic and intensive bottom trawling impairs deep-sea biodiversity and ecosystem functioning. *Proc Natl Acad Sci* 111:8861–8866.
- Pusceddu A, Dell’Anno A, Fabiano M, Danovaro R (2009) Quantity and bioavailability of sediment organic matter as signatures of benthic trophic status. *Mar Ecol Prog Ser* 375:41–52.
- Rabalais NN, Turner RE, Wiseman WJ (2002) Gulf of Mexico Hypoxia, a.K.a. ‘the Dead Zone’. *Annu Rev Ecol Syst* 33:235–263.
- Ramalhosa P, Camacho-Cruz K, Bastida-Zavala R, Canning-Clode J (2014) First record of *Branchiomma bairdi* McIntosh, 1885 (Annelida: Sabellidae) from Madeira Island, Portugal (northeastern Atlantic Ocean). *BioInvasions Rec* 3:235–239.
- Ramírez-Llodra E, Brandt A, Danovaro R, De Mol B, Escobar E, German CR, Levin LA, Martínez Arbizu P, Menot L, Buhl-Mortensen P, Narayanaswamy BE, Smith CR, Tittensor DP, Tyler PA, Vanreusel A, Vecchione M (2010a) Deep, diverse and definitely different: Unique attributes of the world’s largest ecosystem. *Biogeosciences* 7:2851–2899.
- Ramírez-Llodra E, Company JB, Sardà F, Rotllant G (2010b) Megabenthic diversity patterns and community structure of the Blanes submarine canyon and adjacent slope in the Northwestern Mediterranean: A human overprint? *Mar Ecol* 31:167–182.
- Ramírez A (2005) *Ecología aplicada, diseño y análisis estadístico*. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Ramos A, Ramil F, Sanz JL (2017) *Deep-sea ecosystems off Mauritania*. Springer, Dordrecht.
- Ramos R, Bastidas C, García E (2012) Ensayos de toxicidad con sedimentos marinos del occidente de Venezuela. *Ciencias Mar* 38:119–127.
- Ranasinghe JA, Stein ED, Miller PE, Weisberg SB (2012) Performance of two southern California benthic community condition indices using species abundance and presence-only data: Relevance to DNA barcoding. *PLoS One* 7:1–7.
- Rasul N, Stewart I (2019) *Oceanographic and biological aspects of the red sea*. Springer Nature Switzerland, Cham.

- Ravelo AM, Konar B, Trefry JH, Grebmeier JM (2014) Epibenthic community variability in the northeastern Chukchi Sea. *Deep Res Part II* 102:119–131.
- Raz-Guzmán A, Reguero M (2017) Moluscos (Mollusca: Gastropoda, Bivalvia, Polyplacophora) de la Laguna Madre, Tamaulipas, México: distribución espacial y temporal. In: *XIV Reunion nacional de malacología y conquiología*. p 122
- Rees H, Heip C, Vincx M, Parker M (1991) Benthic communities: use in monitoring point-source discharges. *Tech Mar Environ Sci* 16:76.
- Reguero M, Raz-Guzmán A (2018) Molluscs (Mollusca: Gastropoda, Bivalvia, Polyplacophora) of Laguna Madre, Tamaulipas, Mexico: Spatial and Temporal Distribution. *Gulf Mex Sci* 34:32–55.
- Reinthal T, Álvarez Salgado XA, Álvarez M, Van Aken HM, Herndl GJ (2013) Impact of water mass mixing on the biogeochemistry and microbiology of the Northeast Atlantic Deep Water. *Global Biogeochem Cycles* 27:1151–1162.
- Reiss H, Degraer S, Duineveld GCA, Kro I, Aldridge J, Craeymeersch JA, Eggleton JD, Hillewaert H, Lavaleye MSS, Moll A, Pohlmann T, Rachor E, Robertson M, Berghe E Vanden, Hoey G Van, Rees HL, Hoey V, Spatial HL (2010) Spatial patterns of infauna , epifauna , and demersal fish communities in the North Sea. *Int Counc Explor Sea*:278–293.
- Renato C, Ventura R, Carlos Rezende C, da Costa F (1995) Bathymetric distribution and population size structure of paxilloid seastars (echinodermata) in the Cabo Frio upwelling ecosystem of Brazil. *Bull Mar Sci* 56:268–282.
- Renaud PE, Morata N, Carroll ML, Denisenko SG, Reigstad M (2008) Pelagic-benthic coupling in the western Barents Sea: Processes and time scales. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 55:2372–2380.
- Renaud PE, Włodarska-Kowalczyk M, Hilde Trannum, Holte B, Marcin J, Cochrane S, Dahle S, Gulliksen B, Trannum H, Holte B, Węśławski JM, Cochrane S, Dahle S, Gulliksen B, Hilde Trannum, Holte B, Marcin J, Cochrane S, Dahle S, Gulliksen B (2007) Multidecadal stability of benthic community structure in a high-Arctic glacial fjord (van Mijenfjord, Spitsbergen). *Polar Biol* 30:295–305.
- Resgalla C, Brasil EDS, Salomão LC (2007) The effect of temperature and salinity on the

- physiological rates of the mussel *Perna perna* (Linnaeus 1758). *Brazilian Arch Biol Technol* 50:543–556.
- Rester JK, Hanisko D, Sanders N, Thompson PA, Noble C (1999) SEAMAP environmental and biological atlas of the Gulf of Mexico, 1997.
- Rester JK, Lott AP, Switzer T, Dean C, Hendon R, Jones C, Mareska J, Froeschke J (2017a) SEAMAP environmental and biological atlas of the Gulf of Mexico 2014. *Gulf States Fish Comm Rep*:71.
- Rester JK, Lott AP, Switzer T, Falterman B, Hendon J, Martinez-Andrade F, Froeschke J, Mareska J, Jones C (2017b) *Seamap Environmental and Biological Atlas of the Gulf of Mexico*, 2016. *Gulf States Fish Comm*
- Revill AS, Jennings S (2005) The capacity of benthos release panels to reduce the impacts of beam trawls on benthic communities. *Fish Res* 75:73–85.
- Rex MA, Etter RJ, Morris JS, Crouse J, McClain CR, Johnson NA, Stuart CT, Deming JW, Thies R, Avery R (2006) Global bathymetric patterns of standing stock and body size in the deep-sea benthos. 317:1–8.
- Reyes-Mendoza O, Mariño-Tapia I, Herrera-Silveira J, Ruiz-Martínez G, Enriquez C, Largier J. J.L.J. (2016) The Effects of Wind on Upwelling off Cabo Catoche. *J Coast Res* 319:638–650.
- Ribeiro PJ, Diggle PJ (2016) *GeoR: Analysis of Geostatistical Data*. R Packag version 17-52.
- Ribeiro SM, Bianco ÉM, Rogers R, Souza CF, Pereira RC (2012) Antifoulant property of the marine sponge *Hymeniacidon heliophila* (demospongiae: halichondrida). *Brazilian J Oceanogr* 60:255–257.
- Ricciardi A, Bourget E (1998) Weight-to-weight conversion factors for marine benthic macroinvertebrates. *Mar Ecol Prog Ser* 163:245–251.
- Ricotta C (2005) A note on functional diversity measures. *Basic Appl Ecol* 6:479–486.
- Ricotta C, de Bello F, Moretti M, Caccianiga M, Bruno E, Cerabolini BEL, Pavoine S (2016) Measuring the functional redundancy of biological communities: a quantitative guide. *Methods Ecol Evol* 7:1386–1395.
- Riedel A, Monro K, Blows MW, Marshall DJ (2014) Relative influence of resident species and

- environmental variation on community assembly. *Mar Ecol Prog Ser* 499:103–113.
- Rigolet C, Dubois SF, Thiébaud E (2014) Benthic control freaks: Effects of the tubicolous amphipod *Haploids nirae* on the specific diversity and functional structure of benthic communities. *J Sea Res* 85:413–427.
- Rijnsdorp AD, Bastardie F, Bolam SG, Buhl-Mortensen L, Eigaard OR, Hamon KG, Hiddink JG, Hintzen NT, Ivanovic A, Kenny A, Laffargue P, Nielsen JR, O'Neill FG, Piet GJ, Polet H, Sala A, Smith C, Denderen PD van, Kooten T van, Zengin M (2016) Towards a framework for the quantitative assessment of trawling impact on the seabed and benthic ecosystem. *ICES J Mar Sci* 73:i127–i138.
- Rijnsdorp AD, Bolam SG, Garcia C, Hiddink JG, Hintzen NT, van Denderen PD, van Kooten T (2018) Estimating sensitivity of seabed habitats to disturbance by bottom trawling based on the longevity of benthic fauna. *Ecol Appl* 28:1302–1312.
- Rincón-Sandoval L, Brulé T, Montero-Muñoz J, Péres-Díaz E (2009) Dieta de la rabirrubia *Ocyurus chrysurus* (Lutjanidae: Lutjaninae) y su variación temporal en la costa de Yucatán, México. In: *62nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. p 207–218
- Ríos-Jara E, Galván-Villa CM, Rodríguez-Zaragoza F, López-Urriarte E, Bastida-izaguirre D, Solís-Marín FA (2013) Los equinodermos (Echinodermata) de bahía Chamela, Jalisco, México. *Rev Mex Biodivers* 84:263–279.
- Rios-Lara V, Salas S, Javier BP, Ayora PI- (2007) Distribution patterns of spiny lobster (*Panulirus argus*) at Alacranes reef, Yucatan: Spatial analysis and inference of preferential habitat. *Fish Res* 87:35–45.
- Rios-Lara V, Zetina C, Arceo P, Monroy C (2004) Modelo de distribución geográfica de áreas de reproducción de la Langosta (*Panulirus argus*) en zonas arrecifales profundas de la costa de Yucatán. In: *55th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. p 436–449
- Roberts JM, Harvey SM, Lamont PA, Gage JD, Humphery JD (2000) Seabed photography, environmental assessment and evidence for deep-water trawling on the continental margin west of the Hebrides. *Hydrobiologia* 441:173–183.
- Rodriguez-Castro JH, Correa-Sandoval A, Alberto Ramirez-de-Leon J, Alejandro Adame-Garza J (2017) Modelling the catch and development phases of the blue crab fishery (*Callinectes*

- sapidus) in the Laguna Madre, Tamaulipas, Mexico. *Cienc UAT* 12:96–113.
- Rodríguez-Castro JH, Ramírez JA, Velázquez-De-La-Cruz G, Correa-Sandoval A (2016) Evaluación del crecimiento de *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) con métodos basados en talla, Tamaulipas, México. *Rev Biol Trop* 64:821–836.
- Rojas-López R (2007) Estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica y calidad ambiental de la Bahía de Campeche en tres temporadas de nortes. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de México. Universidad Autónoma de México
- Romano C, Fanelli E, D’Anna G, Pipitone C, Vizzini S, Mazzola A, Badalamenti F (2016) Spatial variability of soft-bottom macrobenthic communities in northern Sicily (Western Mediterranean): Contrasting trawled vs. untrawled areas. *Mar Environ Res* 122:113–125.
- Roper CF., Sweeney. MJ, Nauen CE (1984) Fao species catalogue Vol 3. cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fisheries Synopsis 15:1991.
- Rosas C, Lazaro-Chavez E, Buckle-Ramirez F (1994) Feeding habits and food niche segregation of *Callinectes sapidus*, *C. Rathbunae*, and *C. similis* in a subtropical coastal lagoon of the Gulf of Mexico. *J Crustac Biol* 14:371–382.
- Rosenberg G, Moretzsohn F, E.F. G (2009) Gastropoda (Mollusca) of the Gulf of Mexico. In: *Gulf of Mexico—Origins, Waters, and Biota. Biodiversity*. Felder DL, Camp DK (eds) Texas A&M University Press, College Station, Texas, p 579–699
- Rosenberg R (1983) Benthos biomass and oxygen deficiency in the upwelling system off Peru. *J Mar Res* 41:263–279.
- Rosenberg R (2001) Marine benthic faunal successional stages and related sedimentary activity *. *Sci Mar* 65:107–119.
- Rosenberg R, Blomqvist M, Nilsson HC, Cederwall H, Dimming A (2004) Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Mar Pollut Bull* 49:728–739.
- Rosenfeld JS, Mall M, British U (2002) Functional redundancy in ecology and conservation. *Okios* 98:156–162.

- Rosewater J (1969) Gross anatomy and classification of the commensal gastropod *Caledoniella montrouzieri* Souverbei, 1869. *The Veliger* 11:345–350.
- Rotllant G, Mari P, Ramirez-Llodra E, Company JB, Sardà F, Rotllant G (2010) Megabenthic diversity patterns and community structure of the Blanes submarine canyon and adjacent slope in the Northwestern Mediterranean: A human overprint? *Mar Ecol* 31:167–182.
- Rowe G, Pariente V (eds) (1991) Christiansen y Thiel, 1991. In: *Deep-Sea Food Chains and the Global Carbon Cycle*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p 125–138
- Rowe G, Polloni P, Horner G (1974) Benthic biomass estimates from the northwestern Atlantic Ocean and the northern Gulf of Mexico*. *Deep Res* 21:641–650.
- Rowe GT, Kennicutt M (2002) Deepwater program: northern Gulf of Mexico continental slope habitats and benthic ecology. 161.
- Rowe GT, Kennicutt MMC (2009) Northern Gulf of Mexico continental slope habitats and benthic ecology study final report. New Orleans.
- Rowe GT, Menzel DW (1971) Quantitative Benthic Samples from the Deep Gulf of Mexico with Some Comments on the Measurement of Deep-Sea Biomass. *Bull Mar Sci* 21:556–566.
- Roy V, Iken K, Archambault P (2014) Environmental drivers of the Canadian Arctic megabenthic communities. *PLoS One* 9.
- Roy V, Iken K, Archambault P (2015) Regional variability of megabenthic community structure across the canadian arctic. *Arctic* 68:180–192.
- Rubio-Polania J, Torruco-Gómez D, González-Solis A, Ordaz J, Caamal-Jiménez Y (2018) Benthic megafauna of outer margins of the continental shelf of Yucatan Peninsula. *Reg Stud Mar Sci* 24:184–195.
- Rubio-polania JC, Solana-Arellano E, Flores-Uzeta O, Biomass M, Zostera E, Meadow M, Rubio-polania JC, Solana- E, Flores-Uzeta O (2014) Comparison of Different Methods to Assess Macro-benthic Biomass within an Anti- Estuarine. *Wetlands* 36:395–400.
- Rubio-polanía JC, Trujillo-arcila CA (2013) Granulometric characteristics of the soft bottoms in an area of the Taganga Bay (Colombia) influenced by the instalation of bentonic shelters. *Rev UDCA Actual Divulg Científica* 16:193–203.

- Rudloe A (1983) Preliminary studies of the mariculture potential of the slipper lobster *Scyllarides nodifer*. *Aquaculture* 34:165–169.
- Rufino MM, Gaspar MB, Pereira AM, Maynou F, Monteiro CC (2010) Ecology of megabenthic bivalve communities from sandy beaches on the south coast of Portugal. *Sci Mar* 74:163–178.
- Rufino MM, Pereira AM, Pereira F, Moura P, Vasconcelos P, Gaspar MB (2017) Habitat structure shaping megabenthic communities inhabiting subtidal soft bottoms along the Algarve coast (Portugal). *Hydrobiologia* 784:249–264.
- Ruiz-Castillo E, Gomez-Valdes J, Sheinbaum J, Rioja-Nieto R (2016) Wind-driven coastal upwelling and westward circulation in the Yucatan shelf. *Cont Shelf Res* 118:63–76.
- Ruiz-Zárate MA, Espinoza-Avalos J, Carricart-ganivet JP, Fragoso D (2000) Relationships between *Manicina areolata* (Cnidaria: Scleractinia), *Thalassia testudinum* (Anthophyta) and *Neogoniolithon* sp. (Rhodophyta). *Mar Ecol Prog Ser* 206:135–146.
- Ruiz J, Uritte R, Román E, Fkjres H (2003) El Cinturón Plegado Mexicano. Estructura y Potencial Petrolero. *AmgpOrg* 688:4–20.
- Ruiz T (2008) Estructura comunitaria de los macrocrustáceos bentónicos del suroeste del Golfo de México. Universidad autónoma de México
- Ruiz T, Vázquez-Bader AR, Gracia A (2013) Asociaciones de megacrustáceos epibentónicos en la Sonda de Campeche, golfo de México. *Rev Mex Biodivers* 84:280–290.
- Rützler K, Piantoni C, Van Soest RWM, Díaz MC (2014) Diversity of sponges (Porifera) from cryptic habitats on the Belize barrier reef near Carrie Bow Cay.
- Rützler K, Soest R van, Piantoni C (2009) Sponges (Porifera) of the Gulf of Mexico. In: *Gulf of Mexico Origins, waters and biota*. p 285–313
- Rygg B (2002) Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway.
- Rygg B, Norling K (2013) Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI).
- SAGARPA (2014) Plan de Manejo Pesquero de Camarón Café (*Farfantepenaeus aztecus*) y

- Camarón Blanco (*Litopenaeus setiferus*) en las costas de Tamaulipas y Veracruz.
- Saiz-Salinas JI, Ramos A (1999) Biomass size-spectra of macrobenthic assemblages along water depth in Antarctica. *Mar Ecol Prog Ser* 178:221–227.
- Salas-Pérez JJ, Arenas-Fuentes V (2011) Winter water mass of the veracruz reef system. *Atmosfera* 24:221–231.
- Salas F, Marcos C, Neto JM, Patrício J, Pérez-Ruzafa A, Marques JC (2006a) User-friendly guide for using benthic ecological indicators in coastal and marine quality assessment. *Ocean Coast Manag* 49:308–331.
- Salas F, Patrício J, Marcos C, Pardal MA, Pérez-Ruzafa A, Marques JC (2006b) Are Taxonomic Distinctness measures compliant to other ecological indicators in assessing ecological status? *Mar Pollut Bull* 52:817–829.
- Salas S, Mexicano-Cintora G, Cabrera MA (2006c) ¿Hacia donde van las pesquerías en Yucatán? tendencias, retos y perspectivas. Centro de Investigación y Estudios Avanzados Departamento de Recursos del Mar. Unidad Mérida.
- Salles P, Mendoza ET, Appendini CM, Torres-Freyermuth A, López J (2012) Longshore sediment transport on the northern coast of the Yucatan Peninsula. *J Coast Res* 285:1404–1417.
- Sánchez F, Serrano A, Parra S, Ballesteros M, Cartes JE (2008) Habitat characteristics as determinant of the structure and spatial distribution of epibenthic and demersal communities of Le Danois Bank (Cantabrian Sea, N. Spain). *J Mar Syst* 72:64–86.
- Sanchez L (Instituto GM de E (2007) Caracterización geoquímica de sedimentos marinos del Golfo de Cádiz e implicaciones ambientales. Distribución y composición molecular de lípidos y formas refractarias de la materia orgánica. Instituto Geológico y Minero de España
- Santana-Moreno LD, Rojas-González RI, Wakida-Kusunoki AT (2016) First record of *Ambidexter symmetricus* (Decapoda: Caridea: Processidae) from the Yucatán Peninsula. *Rev Mex Biodivers* 87:1138–1140.
- Santana W, Marques F, Pohle G (2004) Larval stages of *Stenocionops furcatus* (Olivier, 1791) (Decapoda: Brachyura: Majoidea) and a reappraisal of larval morphological characters for Mithracidae. *J Plankton Res* 26:859–874.

- Santibañez-Aguascalientes NA, Borja Á, Kuk-Dzul JG, Montero-Muñoz JL, Ardisson PL (2018) Assessing benthic ecological status under impoverished faunal situations: A case study from the southern Gulf of Mexico. *Ecol Indic* 91:679–688.
- Santibañez-Aguascalientes NA, Borja Á, Montero-Muñoz JL, Herrera-Dorantes MT, Ardisson PL (2020) Setting reference conditions to assess the ecological status of the sublittoral and bathyal benthic communities of the southern Gulf of Mexico. *Ecol Indic* 111:105964.
- Santín A, Grinyó J, Uriz M, Gori A, Ambroso S, Dominguez-carrió C, Gili J-M (2017) Sponge assemblages on the deep Mediterranean continental shelf and slope (Menorca Channel, Western Mediterranean Sea). *Deep - Sea Res Part I*.
- Sarker J, Patwary SA, Amm BU, Hasan M, Tanmay MH, Kanungo I, Sarker Md J (2016) Macrobenthic Community Structure - An Approach to Assess Coastal Water Pollution in Bangladesh. *Fish Aquac J* 07:1–10.
- Sarrazin J, Legendre P, De F, Fabri M, Guilini K, Ivanenko VN, Morineaux M, Vanreusel A, Sarradin P (2015) Biodiversity patterns, environmental drivers and indicator species on a High-temperature Hydrothermal edifice, mid-Atlantic ridge. *Deep Res Part II*.
- Saupe EE, Hendricks JR, Peterson AT, Lieberman BS (2014) Climate change and marine molluscs of the western North Atlantic: future prospects and perils. *J Biogeogr*:1–15.
- Scharf FS, Manderson JP, Fabrizio MC (2006) The effects of seafloor habitat complexity on survival of juvenile fishes: Species-specific interactions with structural refuge. *J Exp Mar Bio Ecol* 335:167–176.
- Scheffer M, Carpenter S, Foley JA, Folke C, Walker B (2001) Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413:591–596.
- Scheibling RE, Metaxas A (2010) Mangroves and fringing reefs as nursery habitats for the endangered caribbean sea star *oreaster reticulatus*. *Bull Mar Sci* 86:133–148.
- Schindler DE, Scheuerel MD (2002) Habitat coupling in lake ecosystems. *Okios* 98:177–189.
- Schlacher TA, Schlacher-Hoenlinger MA, Williams A, Althaus F, Hooper JNA, Kloser R (2007) Richness and distribution of sponge megabenthos in continental margin canyons off southeastern Australia. *Mar Ecol Prog Ser* 340:73–88.

- Schlacher TA, Schoeman DS, Dugan J, Lastra M, Jones A, Scapini F, Mclachlan A (2008) Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. 29:70–90.
- Schneider S, Crampton JS, Lukeneder A (2013) Propeamussiidae, Inoceramidae, and other Bivalvia from the lower cretaceous puez formation (Valanginian e Cenomanian; Dolomites, South Tyrol, Italy). *Cretac Res* 46:216–231.
- Schnitzler I, Boland W, Hay ME (1998) Organic sulfur compounds from Dictyopteris spp. deter feeding by an herbivorous amphipod (*Ampithoe longimana*) but not by an herbivorous sea urchin (*Arbacia punctulata*). *J Chem Ecol* 24:1715–1732.
- Schwinghamer P (1983) Generating ecological hypotheses from biomass spectra using causal analysis: a benthic example. 13.
- Schwinghamer P, Kepkay PE, Foda A (1991) Oxygen flux and community biomass structure associated with benthic photosynthesis and detritus decomposition. *J Exp Mar Bio Ecol* 147:9–35.
- Sebens KP (2012) Habitat structure and community dynamics in marine benthic systems. In: *Habitat structure*. Bell S, McCoy E, Mushinsky H (eds) Springer, Dordrecht, p 211–234
- Sebens KP (1980) The Regulation of Asexual Reproduction and Indeterminate Body Size in the Sea Anemone *Anthopleura elegantissima* (Brandt). *Biol Bull* 158:370–382.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural P y A (2012) Acuerdo por el que se da a conocer el plan de manejo pesquero de camarón café (*Farfantepenaeus aztecus*) y camarón.
- Selzo MA (1985) Biología y Morfometría del cangrejo *Petrolisthes politus* (Gray, 1831) (Anomura. Porcellanidae) de la Isla Cubagua, Venezuela. *Bol del Inst Oceanogr la Univ del Oriente* 1–2:63–74.
- Sewell J, Hiscock K (2005) Effects of fishing within UK european marine sites: Guide for nature conservation agencies. Plymouth.
- Sharifuzzaman SM, Rahman H, S.M. Ashekuzzaman MMI, Chowdhury SR, Hossain MS (2015) Heavy metals accumulation in coastal sediments. In: *Environmental Remediation Technologies for Metal-Contaminated Soils*. p 1–254

- Sheinbaum J, Athié G, Candela J, Ochoa J, Romero-Arteaga A (2016) Structure and variability of the Yucatan and loop currents along the slope and shelf break of the Yucatan channel and Campeche bank. *Dyn Atmos Ocean* 76:217–239.
- Shellfish Barnegat O (2019) Channeled whelks and Knobbed whelks both inhabit Barnegat Bay. <https://barnegatshellfish.org/whelk01.htm> (accessed 21 November 2019)
- Shilla DJ, Routh J (2018) Distribution, behavior, and sources of polycyclic aromatic hydrocarbon in the water column, sediments and biota of the Rufiji Estuary, Tanzania. *Front Earth Sci* 6:1–12.
- Shin PKS, Ellingsen KE (2004) Spatial patterns of soft-sediment benthic diversity in subtropical Hong Kong waters.
- Shokri M, Vesper D, Herman E, Rajic L, Hetrick K, Padilla I, Alshawabkeh A (2018) Bulk Chemistry of Karst Sediment Deposits. In: *15th sinkhole conference*. p 115–120
- Shumway SE (1979) The effects of fluctuating salinity on respiration in gastropod molluscs. *Comp Biochem Physiol -- Part A Physiol* 63:279–283.
- Sibuet M, Menot L, Sibuet M, Carney RS, Levin LA, Rowe GT, David SM (2018) Chapter 5 New perceptions of continental margin biodiversity. In: *Life in the world's oceans*. p 79–96
- Siciński J, Jazdzewski K, Broyer C De, Presler P, Ligowski R, Nonato EF, Corbisier TN, Petti MAV, Brito TAS, Lavrado HP, Blazewicz-Paszkowycz M, Pabis K, Jazdzewska A, Campos LS (2011) Admiralty bay benthos diversity-A census of a complex polar ecosystem. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 58:30–48.
- Sigovini M, Keppel E, Tagliapietra D (2013) M-AMBI revisited: Looking inside a widely-used benthic index. *Hydrobiologia* 717:41–50.
- da Silva PG, Hernández MIM, Heino J (2018) Disentangling the correlates of species and site contributions to beta diversity in dung beetle assemblages. *Divers Distrib* 24:1674–1686.
- da Silva TE, Fransozo V, Taddei F, da Costa R, Almeida A, Fransozo A (2017) Reproductive analyses of the swimming crab *Achelous spinicarpus* (Stimpson, 1871) (Crustacea: Decapoda: Portunoidea) on the northern coast of São Paulo, Brazil. *Boletín del Inst Oceanogr Venez* 56:133–140.

- Simboura N, Zenetos A (2002) Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems , including a new Biotic Index. 3:77–111.
- Sinninghe JS, Baas M, Geenevasen JAJ, Kenig F (2005) Structural identification of sedimentary C21 and C22 highly branched isoprenoid alkanes. *Org Geochem* 36:511–517.
- De Smet B, Fournier J, De Troch M, Vincx M, Vanaverbeke J (2015) Integrating ecosystem engineering and food web ecology: Testing the effect of biogenic reefs on the food web of a soft-bottom intertidal area. *PLoS One* 10:1–22.
- Smith CR, Berelson W, Demaster FDJ, Dobbs FC, Hammond D, Hoover DJ, Popes RH, Stephens M (1998) Latitudinal variations in benthic processes in the abyssal equatorial Pacific: control by biogenic particle flux. *Deep Sea Res II* 44:2295–2317.
- Smith CR, Hamilton SC (1983) Epibenthic megafauna of a bathyal basin off southern California: patterns of abundance, biomass, and dispersion. *Deep Sea Res Part A, Oceanogr Res Pap* 30:907–928.
- Smith CR, Mincks S, Demaster DJ (2006) A synthesis of benthic-pelagic coupling on the Antarctic shelf: Food banks, ecosystem inertia and global climate change. *Deep Sea Res II* 53:875–894.
- Snelgrove PVR (1999) Getting to the bottom of marine biodiversity: sedimentary habitats ocean bottoms are the most widespread habitat on earth and support high biodiversity and key ecosystem services. *Bioscience* 49:129–138.
- Sobrino I, Silva C, Sbrana M, Kaporis K (2005) A review of the biology and fisheries of the deep water rose shrimp, *Parapenaeus longirostris*, in european Atlantic and mediterranean waters (Decapoda, Dendrobranchiata, Penaeidae). *Crustaceana* 78:1153–1184.
- Society TR (2014) Responses by benthic organisms to inputs of organic material to the ocean floor: a review. 331.
- Soest RWM Van, Boury-esnault N, Vacelet J, Dohrmann M, Erpenbeck D, Voogd NJ De, Santodomingo N, Vanhoorne B, Kelly M, Hooper JNA (2012) Global Diversity of Sponges (Porifera). *PLoS One* 7.
- Soildquality (2020) Fact sheets total organic carbon
- Sokołowski A, Szczepańska A, Richard P, Kedra M, Wołowicz M, Wesławski JM, Węśławski

- JM, Kędra M, Richard P, Wołowicz M, Sokołowski A, Szczepańska A, Richard P, Kedra M, Wołowicz M, Wesławski JM (2014) Trophic structure of the macrobenthic community of Hornsund, Spitsbergen, based on the determination of stable carbon and nitrogen isotopic signatures. *Polar Biol* 37:1247–1260.
- Solan M, Cardinale BJ, Downing AL, Engelhardt KAM, Ruesink JL, Srivastava DS (2004) Extinction and ecosystem function in the marine benthos. *Science* (80-) 306:1177–1180.
- Soledade GO, Santos GG, Pinheiro U, Almeida AO (2017) New records of association between caridean shrimps (Decapoda) and sponges (Porifera) in Abrolhos Archipelago, northeastern Brazil. *Nauplius* 25.
- Soliman NF, Nasr SM, Okbah MA (2015) Potential ecological risk of heavy metals in sediments from the Mediterranean coast, Egypt. *J Environ Heal Sci Eng* 13:1–12.
- Soliman YS (2007) Amphipods of the deep Mississippi Canyon, northern Gulf of Mexico: ecology and bioaccumulation of organic contaminants. Texas A&M University
- Solís-Marín F, Honey-Escandón M, Herrero-Perezrul M, Benitez-Villalobos F, Díaz-Martínez J, Buitrón-Sanchez J, Palleiro-Nayar J, Durán-González A (2014a) The Echinoderm of Mexico: biodiversity, distribution and current state of knowledge. In: *Echinoderm Research and Diversity in Latin America*. p 11–65
- Solís-Marín FA, Laguarda-Figueras A, Durán-González A, Vázquez-Bader AR, Gracia A, Laguarda-Figueras A, Solís-Marín FA, Buitrón BE, Ahearn CG, Torres-Vega J, Solís-Marín FA, Buitrón Sánchez BE, Ahearn CG, Torres-Vega J (2014b) Biodiversidad de los equinodermos (Echinodermata) del mar profundo mexicano. *La Front Final El océano profundo* 53 Suppl 3:215–253.
- Solís-Marín FA, Laguarda-Figueras A, Honey-Escandón M (2014c) Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México. *Rev Mex Biodivers* 85:441–449.
- Solís-Marín FA, Pineda-Enríquez T, González-Gándara C, Granados-Barba A, Simões FN (2015) First records and range extension of *Ophioblenna antillensis* (Echinodermata: Ophiuroidea) in the Gulf of Mexico. *Rev Mex Biodivers* 86:306–309.
- Solís Weiss V, Granados Barba A, Ochoa Rivera V, Corona Rodríguez A, Palomar Morales I (1995) Atlas de Anélidos Poliquetos de la Plataforma Continental del Sur del Golfo de

- México. Informe Final del Proyecto CONABIO - UNAM P052.
- van Son TC, Halvorsen R, Bakke T (2016) Sampling effort required to recover the main gradients in marine benthic species composition. *Mar Ecol* 37:329–335.
- Soto LA, Gracia A, Botello A. (1982) Study of the penaeid shrimp population in relation to petroleum hydrocarbons in Campeche Bank. In: *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. p 81–100
- Soto LA (1980) Decapod crustacean shelf-fauna of the Campeche Bank: fishery aspects and ecology. In: *Proceedings of the 32th annual meeting of the Gulf of Mexico*. p 66–81
- Soto LA (1984) Deep-water brachyuran crabs of the straits of florida (Crustacea, Decapoda). *An del Inst Ciencias del Mar y Limnol*.
- Soto LA (1991) Faunal zonation of the deep-water brachyuran crabs in the Straits of Florida. *Bull Mar Sci* 49:623–637.
- Soto LA, Manickhand-Heileman, Flores E, Licea S (1999) Processes that promote decapod diversity and abundance on the upper continental slope of the southwestern Gulf of Mexico. *Proc fourth Int Crustac Congr Amsterdam, Netherlands*:17.
- Spalletti L, Guitierrez R (1976) Estudio granulométrico de sedimentos glaciales, fluviales y lacustres de la region del monte de San Lorenzo, provincia de Santa Cruz. *Asoc Geológica Argentina* 31:95–117.
- Starmans A, Gutt J (2002) Mega-epibenthic diversity: A polar comparison. *Mar Ecol Prog Ser* 225:45–52.
- Starmans A, Gutt J, Arntz WE (1999) Mega-epibenthic communities in Arctic and Antarctic shelf areas. *Mar Biol* 135:269–280.
- Stefanoudis P V., Rivers M, Smith SR, Schneider CW, Wagner D, Ford H, Rogers AD, Woodall LC (2019) Low connectivity between shallow, mesophotic and rariphotic zone benthos. *R Soc Open Sci* 6.
- Steinmetz Z (2018) Package envanalysis. 1–15.
- Stenger-Kovács C, Hajnal É, Lengyel E, Buczkó K, Padisák J (2016) A test of traditional diversity measures and taxonomic distinctness indices on benthic diatoms of soda pans in the

- Carpathian basin. *Ecol Indic* 64:1–8.
- Stojković M, Milošević D, Petrović A, Simić V (2018) The best data design for applying the taxonomic distinctness index in lotic systems: a case study of the Southern Morava River basin. *Sci Total Environ* 610–611:1281–1287.
- Stull JK, Allen MJ, Moore SL (2001) Relative abundance and health of megabenthic invertebrate species on the southern California shelf in 1994.
- Sumer C, Teksam I, Karatas H, Beyhan T, Aydin CM (2013) Growth and Reproduction Biology of the Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, in the Beymelek Lagoon (Southwestern Coast of Turkey). *Turkish J Fish Aquat Sci* 13:675–684.
- Sumida PYG, Bernardino AF, Stedall VP, Glover AG, Smith CR (2008) Temporal changes in benthic megafaunal abundance and composition across the West Antarctic Peninsula shelf: Results from video surveys. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 55:2465–2477.
- Sweetman AK, Thurber AR, Smith CR, Levin LA, Mora C, Wei C, Gooday AJ, Jones DOB, Rex M, Yasuhara M, Ingels J, Ruhl HA, Frieder CA, Danovaro R, Würzberg L, Baco A, Grupe BM, Pasulka A, Meyer KS, Dunlop KM, Henry L, Roberts JM (2017) Major impacts of climate change on deep-sea benthic ecosystems. *Elem Sci Anthr* 5:1–23.
- Tait RD, Maxon CL, Parr TD, Newton FC, Hardin JL (2004) Impact assessment and benthic recruitment following exploration drilling in the south Caspian Sea. *Int Conf Heal Saf Environ Oil Gas Explor Prod*:755–759.
- Taniguchi H, Tokeshi M (2004) Effects of habitat complexity on benthic assemblages in a variable environment. *Freshw Biol* 49:1164–1178.
- Tapajós F, Spotorno P, de Oliveira M (2013) Catalogue of the benthic marine life from Peregrino oil field Campos Basin, Brazil. Instituto Biodiversidade Marinha.
- Tavares M, Santana W (2012) On the morphological differentiation between *Libinia spinosa* and *L. ferreirae* (Crustacea: Brachyura: Majoidea: Epialtidae). *Zool* 29:577–588.
- Tavera G (2006) Mexico Laguna Madre y Delta del Rio Bravo. San Fernando, Tamaulipas.
- Taylor P, Witbaard ROB, Daan R, Mulder M, Lavaleye M, Witbaard ROB, Daan R, Mulder M, Lavaleye M (2005) The mollusc fauna along a depth transect in the Faroe Shetland Channel:

- Is there a relationship with internal waves? *Mar Biol Res* 1:186–201.
- Teal J, Howarth R (1984) Oil spill studies: A review of ecological effects. *Environ Manage* 8:27–43.
- Tecchio S, Ramírez-Illodra E, Sardà F, Company JB, Palomera I, Mechó A, Pedrosa-pàmies R, Sanchez-vidal A, Ciències I De (2010) Drivers of deep Mediterranean megabenthos communities along longitudinal and bathymetric gradients.
- Telford M, Telford M, Mooi R, Mooi R, Harold AS, Harold AS (1987) Feeding activities of two species of *Clypeaster* (Echinoides, Clypeasteroidea): further evidence of Clypeasteroid resource partitioning. *Biol Bull* 172:324.
- Thompson GG, Thompson SA, Withers PC, Fraser J (2007) Determining adequate trapping effort and species richness using species accumulation curves for environmental impact assessments. *Austral Ecol* 32:570–580.
- Thouzeau G, Robert G, Ugarte R (1991) Faunal assemblages of benthic megainvertebrates inhabiting sea scallop grounds from eastern Georges Bank, in relation to environmental factors. *Mar Ecol Prog Ser* 74:61–82.
- Thresher R, Althaus F, Adkins J, Gowlett-Holmes K, Alderslade P, Dowdney J, Cho W, Gagnon A, Staples D, McEnnulty F, Williams A (2014) Strong depth-related zonation of megabenthos on a rocky continental margin (~700-4000 m) off Southern Tasmania, Australia. *PLoS One* 9.
- Thrush SF., Gray JS., Hewitt JE., Ugland KI. (2006) Predicting the effects of habitat homogenization on marine biodiversity. *Ecol Appl* 16:1636–1642.
- Thrush SF, Dayton PK (2002) Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: implications for marine biodiversity. *Annu Rev Ecol Syst* 33:449–473.
- Thurston MH, Rice AL, Bett BJ (1998) Latitudinal variation in invertebrate megafaunal abundance and biomass in the North Atlantic Ocean Abyss. *Deep Res II* 45:203–224.
- Tissot BN, Love MS, York K, Amend M (2003) Benthic invertebrates that form habitat on deep banks off southern California, with special reference to deep sea coral. 167–181.
- Todd JA, Johnson KG (2013) Dissecting a marine snail species radiation (Conoidea: Turridae:

- Polystira) over 12 million years in the southwestern Caribbean. *Bull Mar Sci* 89:877–904.
- Tokeshi M, Arakaki S (2012) Habitat complexity in aquatic systems: Fractals and beyond. *Hydrobiologia* 685:27–47.
- Toral-Granda V, Lovatelli A, Vasconcellos M (2008) Sea Cucumbers a global review of fisheries and trade FAO.
- Tornroos A, Bonsdorff E (2012) Developing the multitrait concept for functional diversity: lessons from a system rich in functions but poor in species. *Ecol Appl* 22:2221–2236.
- Torruco D, Alicia G, Solís G (1997) Diversidad faunística invertebrados Las esponjas y su importancia. *Biodivers y Desarro Hum en Yucatán*.
- Townsend DW, Pettigrew NR, Thomas MA, Neary MG, McGillicuddy DJ, O'Donnell J (2015) Water masses and nutrient sources to the Gulf of Maine. *J Mar Res* 73:93–122.
- Trimm NA, Hayes FE (2008) Distributional Ecology of the anemone shrimp *Periclimenes rathbunae* associating with the sea anemone *Stichodactyla helianthus* at Tobago. *Nauplius* 16:73–77.
- Trujillo-Luna B, González-Vallejo N (2006) Equinodermos (Echinodermata) de la colección de bentos costero de ECOSUR. *Univ y Cienc* 22:83–88.
- Tshudy D (2003) Clawed lobster (nephropidae) diversity through time. *J Crustac Biol* 23:178–186.
- Tunnell J, Andrews J, Barrera N, Moretzsohn F (2010) *Encyclopedia of Texas seashells: identification, ecology, distribution, and history*. Texas A&M University Press.
- Tunnell J, Barrera N, Moretzsohn F (2014) *Texas Seashells: A Field Guide*. Texas A&M University Press, Corpus Christi.
- Turchin P (1993) Chaos and stability in rodent population dynamics: evidence from non-linear time-series. *Oikos* 68:167–172.
- Turgeon D., Lyons WG, Mikkelsen P, Rosenberg G, Moretzsohn F, F. Moretzsohn, Moretzsohn F, E.F. G (2009) Bivalvia (Mollusca) of the Gulf of Mexico. In: *Gulf of Mexico—Origins, Waters, and Biota*, Corpus Chr. Felder DL, Camp DK (eds) Texas A&M University Press, College Station, Texas, p 711–744

- Türkay M (1996) Composition of the deep Red Sea macro- and megabenthic invertebrate fauna. Zoogeographic and ecological implications. *Deep Extrem Shallow-Water Habitats Affin Adapt*:43–59.
- Turner SJ, Thrush SF, Hewitt JE, Cummings VJ, Funnell G (1999) Fishing impacts and the degradation or loss of habitat structure. *Fish Manag Ecol* 6:401–420.
- Turner SJ, Thrush SF, Pridmore RD, Hewitt JE, Cummings VJ, Maskery M (1995) Are soft-sediment communities stable? An example from a windy harbour. *Mar Ecol Prog Ser* 120:219–230.
- Turra A, Branco JO, Souto FX (2002) Population biology of the hermit crab *Petrochirus diogenes* (Linnaeus) (Crustacea, Decapoda) in Southern Brazil. *Rev Bras Zool* 19:1043–1051.
- Tweedley J., Warwick R., Valesini F., Platell M., Potter IC (2012) The use of benthic macroinvertebrates to establish a benchmark for evaluating the environmental quality of microtidal, temperate southern hemisphere estuaries. *Mar Pollut Bull* 64:1210–1221.
- Tyler PA (2003) Ecosystems of the deep oceans. In: *Ecosystems of the World*. Goodall DW (ed) Elsevier Scientific, Amsterdam, p 1–3
- UFRJ (2019) Moluscos Museu Nacional. http://www.museunacional.ufrj.br/dir/exposicoes/zoologia/zoo_invertebrados/zoo_moluscos/zoomol061.html (accessed 9 April 2019)
- USDA (2003) Soil Survey Standard Test Method Organic Carbon.
- Uthicke S, Schaffelke B, Byrne M (2009) A boom–bust phylum? Ecological and evolutionary consequences of density variations in echinoderms. *Ecol Monogr* 79:3–24.
- Uzmann JR, Cooper R a, Theroux RB, Wigley RL (1977) Synoptic comparison of three sampling techniques for estimating abundance and distribution of selected megafauna: submersible vs. camera sled vs. otter trawl. *Mar Fish Rev* 39:11–19.
- Valderrama D (2001) Taxonomía y distribución de esponjas arrecifales (Porifera) del noroccidente del Golfo de Urabá, Caribe colombiano. Universidad Jorge Tadeo Lozano
- Valentine MM, Benfield MC (2013) Characterization of epibenthic and demersal megafauna at Mississippi Canyon 252 shortly after the Deepwater Horizon Oil Spill. *Mar Pollut Bull* 77:196–209.

- Varisco M, Martín L, Zaixso H, Velasquez C, Vinuesa J (2015) Food and habitat choice in the spider crab *Leucippa Pentagona* (Majoidea: Epialtidae) in Bahía Bustamante, Patagonia, Argentina. *Sci Mar* 79:107:116.
- Vassallo A, Dávila Y, Luviano N, Deneb-amozurrutia S, Vital XG, Conejeros CA, Vázquez L, Álvarez F (2014) Inventario de invertebrados de la zona rocosa intermareal de Montepío, Veracruz, México. *Rev Mex Biodivers* 85:349–362.
- Vazquez-Bader A (1996) Comunidades de macroinvertebrados bentónicos en el suroeste del Golfo de México. UNAM
- Vázquez-Bader AR, Gracia A (2013) Crangonidae and glyphocrangonidae (Decapoda; Caridea) of the southern gulf of Mexico. *Zootaxa* 3669:367–383.
- Vázquez-Bader AR, Laguarda-Figueras A, Gracia A, Solís-Marín FA, Celaya-Hernández E V., Durán-González A, Vázquez-Bader AR, Laguarda-Figueras A, Gracia A, Solís-Marín FA, Celaya-Hernández E V., Durán-González A (2008) Seasonal changes in the density and species composition of the epifaunal echinoderms recorded from the southwestern Gulf of Mexico. *Rev Biol Trop* 56:297–310.
- Vazzana A (2008) *Ranilia constricta* (Milne Edwards, 1880) nel tirreniano di trumbacà vicino reggio calabria (Decapoda Brachyura Raninidae). *Nat sicil* 32:381–388.
- Veale LO, Hill AS, Brand AR (2000) An in situ study of predator aggregations on scallop (*Pecten maximus* (L.)) dredge discards using a static time-lapse camera system. 255:111–129.
- Ventura CRR, Grillo MCG, Fernandes FC (2001) Feeding niche breadth and feeding niche overlap of paxillosid starfishes (Echinodermata: Asteroidea) from a midshelf upwelling region, Cabo Frio, Brazil. *Echinoderms* 2000:227–233.
- Verdonschot RCM, Didderen K, Verdonschot PFM (2012) Importance of habitat structure as a determinant of the taxonomic and functional composition of lentic macroinvertebrate assemblages. *Limnologica* 42:31–42.
- Vergnon R, Blanchard F (2006) Evaluation of trawling disturbance on macrobenthic invertebrate communities in the Bay of Biscay, France: Abundance Biomass Comparison (ABC method). *Aquat Living Resour* 19:219–228.
- Viada ST, Cairns SD, Proceedings S, Society B (2007) A new species of *Nicella* (Anthozoa:

- Octocorallia) from the western Atlantic. A new species *Nicella* (Anthozoa Octocorallia) from West Atl 120:227–231.
- Victorero L, Robert K, Robinson LF, Taylor ML, Huvenne VAI (2018) Species replacement dominates megabenthos beta diversity in a remote seamount setting. *Sci Rep*:1–11.
- Vidal M, Vidal F V, Hernandez A., Meza E, Perez- Molero J, Hern AF, Meza E, Prez-molero J (1994a) Baroclinic flows, transports, and kinematic properties in a cyclonic- anticyclonic-cyclonic ring triad in the Gulf of Mexico. *J Geophys Res* 99:7571–7597.
- Vidal V, Vidal F, Hernández A, Meza E, Zambrano L (1994b) Winter Water Mass Distributions in the Western Gulf of Mexico Affected by a Colliding Anticyclonic Ring. *J Oceanogr* 50:559–588.
- Vidal V, Vidal F, Pérez-Molero J (1992) Collision of a loop current anticyclonic ring against the continental shelf slope of the western Gulf of Mexico. *J Geophys Res* 97:2155–2172.
- Vieira RRR, Calazans DK de (2015) Abundance and distribution of Portunidae larval phases (Crustacea: Brachyura) in the estuarine and coastal region of the Patos Lagoon, southern Brazil. *Nauplius* 23:132–145.
- Villalobos-Rojas F, Azofeifa-Solano JC, Camacho-García YE, Wehrtmann IS (2017) Gastropods and bivalves taken as by-catch in the deep-water shrimp trawl-fishery along the Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Molluscan Res* 37:175–186.
- Villamizar E, Díaz MC, Rützler K, De Nóbrega R (2014) Biodiversity, ecological structure, and change in the sponge community of different geomorphological zones of the barrier fore reef at Carrie Bow Cay, Belize. *Mar Ecol* 35:425–435.
- Villaseñor R (1997) Dispositivos excluidores de tortugas marinas. *FAO Doc Téc Pesca* 372:116.
- Vokes H, Vokes E (1983) Distribution of shallow-water marine mollusca, Yucatan Peninsula, Mexico. Tulane University, New Orleans.
- Wagner D, Luck DG, Toonen RJ (2012) The Biology and Ecology of Black Corals (Cnidaria: Anthozoa: Hexacorallia: Antipatharia).
- Wagstaff MC, Howell KL, Bett BJ, Billett DSM, Brault S, Stuart CT, Rex MA, Carol T, Rex MA, Stuart CT, Rex MA (2014) β -diversity of deep-sea holothurians and asteroids along a

- bathymetric gradient (NE Atlantic). *Mar Ecol Prog Ser* 508:177–185.
- Wakida-Kusunoki A, Rosa IB la, González-Cruz A, Ángel LA (2013) Distribución y abundancia de la fauna acompañante del camarón en la costa. *Univ y Cienc* 29:75–86.
- Wakida-kusunoki AT (2006) La pesquería de camarón del Golfo de México y Mar Caribe.
- Wakida-kusunoki AT, Cruz AG, Medellín M, Arreguín-Sánchez F (2010) Estimación de la emigración del camarón café *Farfantepenaeus aztecus* a través de la boca del Mezquital, Tamaulipas, México. *Hidrobiológica* 20:256–265.
- Wales S (1971) Growth of *Flustra foliacea* (Bryozoa). *Mar Biol* 273:267–273.
- Walker BH, Walker BH (1992) Biodiversity and Ecological Redundancy. *Conserv Biol* 6:18–23.
- Walkley AJ, Black IA (1934) Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Sci* 37:29–38.
- Walsh JJ (1991) Importance of continental margins in the marine biogeochemical cycling of carbon and nitrogen. *Nature* 350:53–55.
- Ward CH, Davis RA, Kennicutt MC, Byrnes MR, Kneib RT, Mendelssohn IA, Rowe GT, Tunnell JW, Vittor BA (2017) Habitats and biota of the Gulf of Mexico: before the Deepwater Horizon oil spill: Volume 1: water quality, sediments, sediment contaminants, oil and gas seeps, coastal habitats, offshore plankton and benthos, and shellfish.
- Ward TM, Young P (2007) Effects of Sediment Trace Metals and Particle Size on the Community Structure of Epibenthic Seagrass Fauna near a Lead Smelter, South Australia. *Mar Ecol Prog Ser* 9:137–146.
- Ward TM, Sorokin SJ, Currie DR, Rogers PJ, McLeay LJ (2006) Epifaunal assemblages of the eastern Great Australian Bight: Effectiveness of a benthic protection zone in representing regional biodiversity. *Cont Shelf Res* 26:25–40.
- Warmke GL, Abbott RT (1962) Caribbean Seashells. A guide to the marine mollusks of Puerto Rico and other West Indian Islands. Bermuda to the lower Florida Keys. Livingstone Pub, Pennsylvania.
- Warton DI, Wright ST, Wang Y (2012) Distance-based multivariate analyses confound location and dispersion effects. *Methods Ecol Evol* 3:89–101.

- Warwick R., Clarke K. (1998) Taxonomic distinctness and environmental assessment. *J Appl Ecol* 35:532–543.
- Warwick R., Pearson TH, Ruswahyuni (1987) Detection of pollution effects on marine macrobenthos: further evaluation of the species abundance/biomass method. *Mar Biol* 95:193–200.
- Warwick R (2004) Taxonomic distinctness as an indicator of stress in the marine macrobenthos. In: *Indicators of stress in the marine benthos proceedings of an International workshop on the promotion and use of benthic tools for assessing the health of coastal marine ecosystems*. p 56
- Warwick RM (1986) A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar Biol* 92:557–562.
- Warwick RM, Ashman CM, Brown AR, Clarke KR, Dowell B, Hart B, Lewis RE, Shillabeer N, Somerfield PJ, Tapp JF (2002) Inter-annual changes in the biodiversity and community structure of the macrobenthos in Tees Bay and the Tees estuary, UK, associated with local and regional environmental events. *Mar Ecol Prog Ser* 234:1–13.
- Warwick RM, Clarke KR (1994) Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities. *Mar Biol* 118:739–744.
- Warwick RM, Light J (2002) Death assemblages of molluscs on St Martin's flats, Isles of Scilly: A surrogate for regional biodiversity? *Biodivers Conserv* 11:99–112.
- Warwick RM, Robert Clarke K, Somerfield PJ (2010) Exploring the marine biotic index (AMBI): Variations on a theme by Ángel Borja. *Mar Pollut Bull* 60:554–559.
- Warwick RMR (2008) Average Taxonomic Diversity and Distinctness. *Encycl Ecol*:300–305.
- Wehrtmann IS, Arana PM, Barriga E, Gracia A, Pezzuto PR (2012) Deep water shrimp fisheries in Latin America: a review. *Lat Am J Aquat Res* 40:497–535.
- Wei CL, Rowe GT (2009) Faunal zonation of large epibenthic invertebrates off North Carolina revisited. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr* 56:1830–1833.
- Wei CL, Rowe GT, Fain Hubbard G, Scheltema AH, Wilson GDF, Petrescu I, Foster JM, Wicksten MK, Chen M, Davenport R, Soliman Y, Wang Y (2010) Bathymetric zonation of deep-sea

- macrofauna in relation to export of surface phytoplankton production. *Mar Ecol Prog Ser* 399:1–14.
- Wei T, Simko V, Levy M, Xie Y, Jin Y, Zemla J (2017) Visualization of a correlation matrix. Package ‘corrplot’. 18.
- Weidie A., W.C. W, R.H M (1985) Geology of Yucatán plataform. In: *Geology and hydrogeology of the Yucatan and quaternary geology of northeastern Yucatan Peninsula. New Orleans Geological Society, Field trip*. Ward, W.C., Weidie AE (ed) New Orleans, p 1–19
- Weidie AE, Ward WC, Marshall RH (1978) Weidie. In: *Geology and hydrogeology of northeastern Yucatán*. Weidie WCW and AE (ed) New Orleans Geological Society. Field trip, p 30
- Weigel BL, Erwin PM (2016) Intraspecific variation in microbial symbiont communities of the sun sponge, *Hymeniacidon heliophila*, from intertidal and subtidal habitats. *Appl Environ Microbiol* 82:650–658.
- Wells HWH, Wells MMJ, Gray IE (2016) Food of the Sea-Star *Astropecten articulatus*. *Biol Bull* 120:265–271.
- Wendt P, Van Dolah R, Caroline B (1985) A comparative study of the invertebrate macrofauna associated with seven sponge and coral species collected from the South Atlantic Bight. *J Elisha Mitchell Sci Soc* 101:187–203.
- Wenner E, Wenner C (1988) Seasonal composition and abundance of decapod and stomatopod crustaceans from coastal habitats, southeastern United States. *Fish Bull* 87:155–176.
- Westons Solutions (2008) Regional harbor monitoring program, Final report.
- Whitacre D (2010) *Reviews of environmental contamination and toxicology*. Springer Science+Business Media, London.
- White BA, Clintock JMC, Amsler CD, Mah CL, Amsler MO, White S, Quetin LB, Ross RM (2012) The abundance and distribution of echinoderms in nearshore hard-bottom habitats near Anvers Island , western Antarctic Peninsula. 24:554–560.
- White HK (2006) *Isotopic constraints on the sources and associations of organic compounds in marine sediments*. MIT and WHOI

- White HK, Reddy CM, Eglinton TI (2007) Relationships between carbon isotopic composition and mode of binding of natural organic matter in selected marine sediments. *Org Geochem* 38:1824–1837.
- Whittaker R (1972) Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21:213–251.
- Widianingsih W, Zaenuri M, Anggoro S, Kusumaningrum HPH, Hartati R (2018) Characteristic sediment and water column chlorophyll-a in the sea cucumber's *Paracaudina* sp. habitat on the Kenjeran Water, Surabaya. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 139:1–9.
- Wilkinson CR, Cheshire AC (1990) Comparisons of sponge populations across the Barrier Reefs of Australia and Belize: evidence for higher productivity in the Caribbean. *Mar Ecol Prog Ser* 67:285–294.
- Willems T, De Backer A, Wan Tong You K, Vincx M, Hostens K, Backer A De, Wan K, You T, Vincx M, Hostens K (2015) Spatio-temporal distribution patterns of the epibenthic community in the coastal waters of Suriname. *Cont Shelf Res* 108:25–40.
- Williams A, Althaus F, Dunstan PK, Poore GCB, Bax NJ, Kloster RJ, McEnulty FR (2010) Scales of habitat heterogeneity and megabenthos biodiversity on an extensive Australian continental margin (100-1100-m depths). *Mar Ecol* 31:222–236.
- Winfield I, Ortiz M (2010) Colomastígidos (amphipoda: Gammaridea: Colomastigidae) del sistema de arrecifes de veracruz, so del golfo de méxico, con la descripción de dos especies nuevas asociadas a esponjas. *Sci Mar* 74:773–782.
- Winston J (1986) An annotated checklist of coral-associated bryozoans. *Am Museum Novit* 2859:1–39.
- Winston J, Maturo F (2009) Bryozoans (Ectoprocta) of the Gulf of Mexico. In: *Gulf of Mexico Origins, waters and biota*. p 1147–1164
- Witbaard R, Lavaleye MS., Duineveld GC., Bergman MJ. (2013) Atlas of the megabenthos (incl. small fish) on the dutch continental shelf on the North Sea.
- Woods CMC, McLay CL (1994) Use of camouflage materials as a food store by the spider crab *Notomithrax ursus* (Brachyura: Majidae). *New Zeal J Mar Freshw Res* 28:97–104.
- Wulff JL (2006) Ecological interactions of marine sponges. *Can J Zool* 84:146–166.

- Xing L, Zhang H, Yuan Z, Sun Y, Zhao M (2011) Terrestrial and marine biomarker estimates of organic matter sources and distributions in surface sediments from the East China Sea shelf. *Cont Shelf Res* 31:1106–1115.
- Xu G, Xu H (2017) An approach to analysis of functional redundancy in protozoan communities for bioassessment in marine ecosystems. *Ecol Indic* 77:41–47.
- Xu G, Zhong X, Al MA, Warren A, Xu H (2018) Identifying bioindicators across trait-taxon space for assessing water quality in marine environments. *Mar Pollut Bull* 131:565–571.
- Yáñez-Arancibia A, Day J, Twilley R, Day R (2014) Manglares: ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. *Madera y Bosques* 20:39–75.
- Yang GP, Liu XL, Zhang JW (1998) Distribution of dibenzothiophene in the sediments of the South China Sea. *Environ Pollut* 101:405–414.
- Yeh J, Drazen JC (2009) Depth zonation and bathymetric trends of deep-sea megafaunal scavengers of the Hawaiian Islands. *Deep - Sea Res Part I* 56:251–266.
- Yemane D, Field JG, Leslie RW (2005) Exploring the effects of fishing on fish assemblages using abundance biomass comparison (ABC) curves. *ICES J Mar Sci* 62:374–379.
- Yesson C, Fisher J, Gorham T, Turner CJ, Hammeken Arboe N, Blicher ME, Kemp KM (2017) The impact of trawling on the epibenthic megafauna of the west Greenland shelf. *ICES J Mar Sci* 74:866–876.
- Young S Sen, Yang HN, Huang DJ, Liu SM, Huang YH, Chiang CT, Liu JW (2014) Using benthic macroinvertebrate and fish communities as bioindicators of the Tanshui river basin around the greater Taipei area - Multivariate analysis of spatial variation related to levels of water pollution. *Int J Environ Res Public Health* 11:7116–7143.
- Yuewen D, Adzibbli L (2018) Assessing the Impact of Oil Spills on Marine Organisms. *J Oceanogr Mar Res* 06:1–7.
- Zaghden H, Tedetti M, Sayadi S, Serbaji MM, Elleuch B, Saliot A (2017) Origin and distribution of hydrocarbons and organic matter in the surficial sediments of the Sfax-Kerkennah channel (Tunisia, Southern Mediterranean Sea). *Mar Pollut Bull* 117:414–428.
- Zaixso H, Boraso A (2015) La zona costera patagónica argentina Volimen I. Recursos bentónicos.

Universidad de la Patagonia.

- Zamudio KR, Bell RC, Mason NA (2016) Phenotypes in phylogeography: Species' traits, environmental variation, and vertebrate diversification. *Proc Natl Acad Sci U S A* 113:8041–8048.
- Zapata-Araujo C, Salas S, Cabrera MA (2007) Conocimiento local aplicado a la colocación de refugios artificiales en un programa de mejoramiento de la pesquería de langosta en Yucatán, México. *60th Gulf Caribb Fish Inst*:209–220.
- Zar J (1996) *Biostatistical Analysis*. 654.
- Zavala-Hidalgo J, Gallegos-García A, Martínez-López B, Morey SL, O'Brien JJ (2006) Seasonal upwelling on the Western and Southern Shelves of the Gulf of Mexico. *Ocean Dyn* 56:333–338.
- Zavala-Hidalgo J, Morey SL, O'Brien JJ (2003) Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *J Geophys Res* 108:3389.
- Zavala-Hidalgo J, Morey SL, Zavala-Hidalgo J, O'Brien JJ (2005) The seasonal variability of continental shelf circulation in the northern and western Gulf of Mexico from a high-resolution numerical model. In: *Circulation in the Gulf of Mexico: Observations and Models*. p 203–218
- Zavala-Hidalgo J, Romero-Centeno R, Mateos-jasso A, Morey SL, Martínez-López B (2014) The response of the Gulf of Mexico to wind and heat flux forcing: What has been learned in recent years? *Atmosfera* 27:317–334.
- Zettler ML, Schiedek D, Bobertz B (2007) Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. *Mar Pollut Bull* 55:258–270.
- Zhou JL, Fileman TW, Evans S, Donkin P, Llewellyn C, Readman JW, Mantoura RFC, Rowland SJ (1998) Fluoranthene and pyrene in the suspended particulate matter and surface sediments of the Humber estuary, UK. *Mar Pollut Bull* 36:587–597.
- Zimmerman RJ, Minello TJ (1984) Densities of *Penaeus aztecus*, *Penaeus setiferus*, and other natant macrofauna in a Texas salt marsh. *Estuaries* 7:421–433.

9 Anexos

9.1 Capítulo II

Pruebas estadísticas, tablas de las variables ambientales medidas durante las cuatro campañas y las obtenidas en laboratorio.

Tabla 9.1. Prueba no paramétrica de Mann-Whitney realizada para la comparación temporal de las variables oceanografías de fondo de lo MEPY. se presentan los valores del estadístico y el valor p .

Área	Estadístico/valor p	Temperatura	Salinidad	Oxígeno disuelto	Clorofila	Densidad
MEPY	W	125	30	8	44	39
	p	0.38	0.00	0.00	0.49	0.31
PCPY	Z	2.69	2.46	-8.01	1.96	-2.77
	p	0.01	0.01	0.00	0.05	0.01

Tabla 9.2. Prueba no paramétrica de Mann-Whitney, realizada para la comparación temporal de las variables oceanografías de fondo del CPP. se presentan los valores del estadístico y el valor p .

Valor	Temperatura	Salinidad	Oxígeno disuelto	Clorofila	Densidad
Z	0.378	0.964	-1.62	2.94	-0.534
p	0.71	0.34	0.11	0	0.6

Tabla 9.3. variables ambientales medidas durante el crucero oceanográfico Gomex IV (GIV). Los hidrocarburos y metales pesados están expresados en $\mu\text{g kg}^{-1}$ equivalentes a partes por billón (ppb). El código nm corresponde a variables no medidas.

Variable	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
Lon	-92.09	-92.31	-92.43	-91.91	-90.40	-89.86	-89.95	-89.44	-89.50	-89.04	-87.62	-87.34	-86.75	-86.73	-86.61	-86.57
Lat	20.77	20.78	20.76	21.7	22.55	22.73	23.07	22.83	23.28	22.68	23.31	22.71	22.35	21.78	21.89	21.93
Z	39	31	89	39	66	98	144	88	173	51	87	46	201	31	41	68
T	27.25	28.36	21.58	27.52	24.97	19.44	17.16	19.91	14.59	20.19	21.32	22.91	19.3	24.3	20.45	19.47
S	36.21	36.11	36.37	36.51	36.3	36.34	36.21	36.28	35.92	36.25	36.24	36.22	36.35	36.22	36.3	36.3
OD	nm	nm	nm	2.8	nm	2.2	nm	2.57	nm	1.98	2.66	nm	2.02	2.58	2.42	2.36
Chla	nm	nm	nm	1.81	nm	0.24	nm	0.78	nm	1.5	0.69	nm	0.1	1.38	0.57	0.27
SigmaT	nm	nm	nm	23.69	nm	25.21	nm	25.03	nm	24.84	24.22	nm	26.29	24.72	25.05	25.25
V	nm	nm	nm	nm	nm	1280	nm	724	nm	743	756	nm	nm	23.1	142	45
Ni	nm	nm	nm	nm	nm	2700	nm	2024	nm	844	1624	nm	nm	289	516	708
Cd	nm	nm	nm	nm	nm	174	nm	187	nm	240	248	nm	nm	192	249	212
Pb	nm	nm	nm	nm	nm	904	nm	950	nm	837	670	nm	nm	15	142	397
Al	nm	nm	nm	nm	nm	779753	nm	559964	nm	210236	210780	nm	nm	43388	68386	180696
Mz	nm	nm	nm	nm	nm	1.4	nm	1.39	nm	2.84	3.37	nm	nm	1.51	2.45	2.39
Med	nm	nm	nm	nm	nm	1.24	nm	1.24	nm	2.84	3.37	nm	nm	1.28	1.99	2.19
Sorting	nm	nm	nm	nm	nm	1.88	nm	2.09	nm	1.44	1.15	nm	nm	1.37	1.21	1.38
Skewness	nm	nm	nm	nm	nm	0.15	nm	0.18	nm	-0.04	-0.02	nm	nm	0.24	0.46	0.13
Kurtosis	nm	nm	nm	nm	nm	0.74	nm	0.76	nm	0.88	0.97	nm	nm	1.42	0.81	0.87
Gravel	nm	nm	nm	nm	nm	9.3	nm	14.45	nm	2.04	0.51	nm	nm	1.85	0.31	0.94
Sand	nm	nm	nm	nm	nm	54.51	nm	50.65	nm	28.5	8.05	nm	nm	74.23	50.11	45.33
Silt	nm	nm	nm	nm	nm	36.18	nm	34.91	nm	69.45	91.44	nm	nm	23.92	49.58	53.73
Coarse.Sand	nm	nm	nm	nm	nm	30.25	nm	26.87	nm	5.73	2.77	nm	nm	28.75	3.38	10.1
Medium.Sand	nm	nm	nm	nm	nm	24.26	nm	23.78	nm	22.77	5.28	nm	nm	45.48	46.73	35.22
Coarse.Silt	nm	nm	nm	nm	nm	34.6	nm	28.22	nm	63.1	82.79	nm	nm	23.72	46.53	53.39
Medium.Silt	nm	nm	nm	nm	nm	1.59	nm	6.69	nm	6.35	8.65	nm	nm	0.2	3.04	0.34
Or.Car	nm	nm	nm	nm	nm	0.69	nm	0.35	nm	0.88	0.42	nm	nm	0.6	0.28	0.28
TOC	nm	nm	nm	nm	nm	0.9	nm	0.45	nm	1.14	0.54	nm	nm	0.78	0.36	0.36
OM	nm	nm	nm	nm	nm	1.55	nm	0.77	nm	1.96	0.93	nm	nm	1.34	0.62	0.62
C10	nm	nm	nm	nm	nm	0.03	nm	0.03	nm	0.03	0.03	nm	nm	0.03	0.03	0.03

Continuación tabla 9.3

Variable	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
C11	nm	nm	nm	nm	nm	15.74	nm	15.5	nm	0.11	0.11	nm	nm	0.11	15.67	0.11
C12	nm	nm	nm	nm	nm	0.05	nm	0.05	nm	0.05	0.05	nm	nm	0.05	20.65	0.05
C13	nm	nm	nm	nm	nm	22.92	nm	2.25	nm	0.3	0.02	nm	nm	0.02	7.76	0.02
C14	nm	nm	nm	nm	nm	27.89	nm	0.07	nm	0.07	0.07	nm	nm	0.07	4.23	0.07
C15	nm	nm	nm	nm	nm	303.11	nm	16.06	nm	5.16	41.33	nm	nm	9.82	47.84	0.22
C16	nm	nm	nm	nm	nm	38.65	nm	0.06	nm	1.29	34.02	nm	nm	18.33	5.82	0.06
C17	nm	nm	nm	nm	nm	54.41	nm	11.66	nm	15.2	180.89	nm	nm	137.99	68.87	0.05
Pri	nm	nm	nm	nm	nm	0.11	nm	0.11	nm	0.11	108.25	nm	nm	0.11	0.11	0.11
C18	nm	nm	nm	nm	nm	24.22	nm	0.03	nm	0.03	162.96	nm	nm	26.59	44.27	0.03
Fit	nm	nm	nm	nm	nm	0.02	nm	0.02	nm	0.02	244.39	nm	nm	0.02	51.75	0.02
C19	nm	nm	nm	nm	nm	33.5	nm	28.51	nm	72.03	670.06	nm	nm	295.3	35.57	38.03
C20	nm	nm	nm	nm	nm	24.19	nm	0.43	nm	0.43	750.93	nm	nm	34.87	28.34	0.43
C21	nm	nm	nm	nm	nm	34.32	nm	25.42	nm	92.44	770	nm	nm	97.15	32.53	0.07
C22	nm	nm	nm	nm	nm	19.99	nm	0.07	nm	0.07	544.46	nm	nm	16.3	39.32	0.07
C23	nm	nm	nm	nm	nm	20.16	nm	0.05	nm	0.05	381.03	nm	nm	0.05	0.05	0.05
C24	nm	nm	nm	nm	nm	16.1	nm	0.03	nm	0.03	225.97	nm	nm	13.63	0.03	0.03
C25	nm	nm	nm	nm	nm	10.54	nm	17.14	nm	13.18	54.7	nm	nm	23.16	49.75	0.06
C26	nm	nm	nm	nm	nm	0.04	nm	0.04	nm	0.04	39.31	nm	nm	0.04	0.04	0.04
C27	nm	nm	nm	nm	nm	3.52	nm	13.83	nm	0.09	65.83	nm	nm	13.98	0.09	0.09
C28	nm	nm	nm	nm	nm	0.03	nm	15.09	nm	0.03	29.25	nm	nm	0.03	5.87	0.03
C29	nm	nm	nm	nm	nm	30.45	nm	31.34	nm	18.75	30.92	nm	nm	0.17	0.17	5.5
C30	nm	nm	nm	nm	nm	14.75	nm	16.04	nm	17.33	69.31	nm	nm	17.38	14.42	0.14
C31	nm	nm	nm	nm	nm	22.08	nm	26.02	nm	26.2	25.61	nm	nm	13.67	94.58	17.98
C32	nm	nm	nm	nm	nm	0.11	nm	0.11	nm	0.11	52.63	nm	nm	0.11	0.11	0.11
C33	nm	nm	nm	nm	nm	16.01	nm	15.2	nm	10.25	56.72	nm	nm	10.03	9.47	13.97
C34	nm	nm	nm	nm	nm	7.07	nm	7.07	nm	7.07	13.76	nm	nm	7.07	7.07	7.07
C35	nm	nm	nm	nm	nm	16.93	nm	12.64	nm	13.6	23.03	nm	nm	3.84	3.84	3.84
C36	nm	nm	nm	nm	nm	4.11	nm	4.11	nm	4.11	4.11	nm	nm	4.11	4.11	4.11
C37	nm	nm	nm	nm	nm	6.33	nm	6.33	nm	6.33	6.33	nm	nm	6.33	6.33	6.33

Continuación tabla 9.3

Variable	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
C38	nm	nm	nm	nm	nm	4.35	nm	4.35	nm	4.35	4.35	nm	nm	4.35	4.35	4.35
C39	nm	nm	nm	nm	nm	8.05	nm	8.05	nm	8.05	54.27	nm	nm	8.05	8.05	8.05
C40	nm	nm	nm	nm	nm	14.34	nm	14.34	nm	14.34	14.34	nm	nm	14.34	14.34	14.34
Naf	nm	nm	nm	nm	nm	0.02	nm	0.47	nm	0.07	0.02	nm	nm	0.02	0.06	0.23
1MNaf	nm	nm	nm	nm	nm	0.03	nm	0.04	nm	0.1	0.02	nm	nm	0.04	0.06	0.01
2MNaf	nm	nm	nm	nm	nm	0.08	nm	0.02	nm	0.09	0.01	nm	nm	0.02	0.06	0.33
Bfe	nm	nm	nm	nm	nm	0.18	nm	0.07	nm	0.17	0.01	nm	nm	0.04	0.08	0.53
2.6DMNaf	nm	nm	nm	nm	nm	1.63	nm	1.45	nm	2	0.01	nm	nm	2.22	0.01	1.62
AcNti	nm	nm	nm	nm	nm	0.08	nm	0.02	nm	0.15	0.05	nm	nm	0.02	0.16	0.02
AcNte	nm	nm	nm	nm	nm	0.02	nm	0.02	nm	0.02	0.05	nm	nm	0.02	1.57	1.48
2.3.5TMNaf	nm	nm	nm	nm	nm	0.01	nm	0.01	nm	0.01	0.01	nm	nm	0.01	0.01	0.01
Fl	nm	nm	nm	nm	nm	0.15	nm	0.01	nm	0.14	0.03	nm	nm	0.01	0.08	0.04
DBZ	nm	nm	nm	nm	nm	0.15	nm	0.01	nm	0.35	0.09	nm	nm	0.01	0.22	0.01
FNan	nm	nm	nm	nm	nm	10.95	nm	25.82	nm	14.41	0.02	nm	nm	0.02	0.02	32
Ant	nm	nm	nm	nm	nm	0.14	nm	0.01	nm	0.31	0.07	nm	nm	0.01	0.18	0.01
1.MFNan	nm	nm	nm	nm	nm	0.92	nm	0.25	nm	0.2	0.04	nm	nm	0.16	0.01	0.47
Flte	nm	nm	nm	nm	nm	0.33	nm	0.07	nm	0.25	0.04	nm	nm	0.01	0.14	0.03
Pir	nm	nm	nm	nm	nm	3.39	nm	1.62	nm	0.21	0.01	nm	nm	0.45	0.01	0.89
Cri	nm	nm	nm	nm	nm	0.01	nm	0.01	nm	0.01	0.01	nm	nm	0.01	0.01	0.01
BAAnt	nm	nm	nm	nm	nm	0.01	nm	3.36	nm	0.01	0.01	nm	nm	3.48	3.83	0.01
BBFl	nm	nm	nm	nm	nm	0.11	nm	0.11	nm	0.11	0.11	nm	nm	0.11	0.11	0.11
BKFl	nm	nm	nm	nm	nm	0.16	nm	0.16	nm	0.16	0.16	nm	nm	0.16	0.16	0.16
BEPir	nm	nm	nm	nm	nm	0.2	nm	0.2	nm	0.2	0.2	nm	nm	0.2	0.2	0.2
BAPir	nm	nm	nm	nm	nm	0.1	nm	0.1	nm	0.1	0.1	nm	nm	0.1	0.1	0.1
Per	nm	nm	nm	nm	nm	0.14	nm	0.14	nm	0.14	0.14	nm	nm	0.14	0.14	0.14
I13CPir	nm	nm	nm	nm	nm	0.03	nm	0.03	nm	0.03	0.03	nm	nm	0.03	0.03	0.03
DAHAn	nm	nm	nm	nm	nm	0.02	nm	0.02	nm	0.02	0.02	nm	nm	0.02	0.02	0.02
BGPir	nm	nm	nm	nm	nm	0.03	nm	0.03	nm	0.03	0.03	nm	nm	0.03	0.03	0.03

Continuación tabla 9.3

Variable	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
UCM	nm	nm	nm	nm	nm	4623.08	nm	2157.09	nm	0.02	1900.43	nm	nm	1756.23	1639.39	1244.25
Hct	nm	nm	nm	nm	nm	812.93	nm	326.07	nm	350.53	4660.3	nm	nm	784.42	632.68	163.89
PAHs	nm	nm	nm	nm	nm	18.85	nm	34.04	nm	19.29	1.27	nm	nm	7.33	7.26	38.42

Tabla 9.4. Variables ambientales medidas durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV). Los hidrocarburos y metales pesados están expresados en $\mu\text{g kg}^{-1}$ equivalentes a partes por billón (ppb).

Variable	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Lon	-92.09	-92.44	-92.46	-91.93	-90.40	-89.86	-89.95	-89.44	-89.50	-89.03	-88.63	-87.62	-86.81	-86.70	-86.59	-86.56
Lat	20.78	20.78	20.78	21.19	22.55	22.73	23.07	22.82	23.28	22.88	22.62	23.31	22.25	21.78	21.89	21.93
Z	39.00	31.00	89.00	39.00	66.00	87.00	144.00	87.00	173.00	51.00	43.00	81.00	121.00	35.00	45.00	69.00
T	29.66	29.73	18.97	29.99	22.36	22.00	17.96	22.79	17.07	24.49	24.41	22.10	20.47	22.33	22.58	21.72
S	36.72	36.78	36.45	36.75	36.48	36.50	36.40	36.48	36.29	36.47	36.49	36.53	36.63	36.46	36.43	36.59
OD	4.30	4.29	2.57	4.37	3.92	3.75	2.64	3.95	2.82	4.35	4.43	3.74	3.20	4.22	4.51	3.87
Chla	0.15	0.19	0.38	0.24	1.72	0.44	0.14	0.80	0.10	0.76	0.61	0.55	0.28	2.53	0.93	1.15
SigmaT	23.14	23.16	26.14	23.16	24.54	25.37	26.36	25.12	26.50	24.61	24.65	25.36	25.89	25.24	25.14	25.51
V	514.00	198.00	1669.00	86.00	381.00	290.00	781.00	193.00	900.00	26.00	99.00	84.00	180.00	252.00	17.00	16.00
Ni	1156.00	735.00	2419.00	758.00	667.00	1490.00	2786.00	1324.00	3515.00	259.00	352.00	504.00	1339.00	511.00	150.00	164.00
Cd	8.00	6.00	7.00	12.00	30.00	52.00	60.00	71.00	86.00	22.00	29.00	24.00	55.00	76.00	5.00	16.00
Pb	168	110	304	126	189	325	773	560	643	38	69	52	369	165	93	152
Al	13905	11103	22501	12270	668487	270244	209662	351941	40445	29577	250379	157857	243515	184049	303467	379997
Mz	2.52	0.76	2.42	3.17	1.80	2.03	2.77	1.70	1.96	2.78	2.55	2.68	2.27	1.01	2.67	1.79
Med	2.50	0.59	2.19	3.26	1.55	1.87	2.74	1.51	1.65	2.79	2.49	2.69	2.19	0.88	2.57	1.60
Sorting	1.44	1.71	1.35	1.68	1.46	1.66	1.38	1.73	1.44	1.28	1.41	1.42	1.53	0.98	1.21	1.43
Skewness	-0.03	0.26	0.20	-0.08	0.17	0.08	0.00	0.13	0.24	-0.07	0.02	-0.11	0.03	0.29	0.08	0.14
Kurtosis	0.83	0.94	0.80	0.92	1.73	0.89	0.80	0.87	1.00	0.84	0.81	0.93	0.79	1.46	0.76	1.42
Gravel	2.43	17.45	0.97	0.25	5.94	2.44	0.45	3.40	2.18	1.69	1.18	1.63	1.87	0.56	0.39	2.84
Sand	36.88	61.58	45.53	22.77	66.86	51.19	33.13	58.64	60.74	28.20	38.46	31.82	44.45	88.38	36.59	68.05
Silt	60.69	20.98	53.50	76.98	27.20	46.37	66.42	37.96	37.08	70.11	60.36	66.55	53.68	11.05	63.02	29.11
Coarse.Sand	8.95	38.30	6.88	8.34	11.37	19.15	5.94	28.00	15.26	4.59	8.91	9.74	15.23	43.57	3.56	17.24
Medium.Sand	27.93	23.27	38.65	14.43	55.49	32.04	27.19	30.65	45.48	23.61	29.55	22.08	29.22	44.81	33.03	50.81
Coarse.Silt	59.02	19.87	51.10	58.32	25.35	44.90	61.05	36.52	36.68	70.03	57.92	65.84	53.03	11.05	62.99	28.75
Medium.Silt	1.67	1.10	2.40	18.66	1.85	1.47	5.38	1.44	0.40	0.08	2.44	0.71	0.65	0.00	0.03	0.36
Or.Car	0.85	0.39	0.90	0.49	0.22	0.51	0.45	0.40	0.68	0.32	0.76	0.51	0.34	0.35	0.33	0.41
TOC	1.10	0.51	1.17	0.63	0.28	0.66	0.58	0.52	0.89	0.41	0.98	0.66	0.44	0.46	0.43	0.54
OM	1.89	0.87	2.01	1.09	0.49	1.14	1.00	0.89	1.52	0.71	1.69	1.14	0.76	0.79	0.73	0.92
C10	1.76	2.26	4.42	0.03	0.03	0.03	0.77	0.37	0.91	2.98	0.28	0.03	0.03	0.03	0.03	0.16

Continuación tabla 9.4

Variable	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
C11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.91	3.77	1.77	3.79	2.51	0.53	0.11	1.32	0.11	0.11	0.23
C12	6.85	0.05	13.33	4.66	1.66	5.14	7.32	0.05	6.99	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C13	13.43	0.02	0.02	8.28	0.02	3.82	6.34	5.00	5.26	2.76	0.02	3.04	1.87	0.91	0.02	3.05
C14	17.18	18.18	18.70	12.07	2.76	7.07	3.42	1.17	4.91	0.16	0.07	11.33	2.22	1.07	1.28	2.59
C15	55.68	68.97	52.62	49.69	9.44	17.77	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	6.03	2.88	5.62	4.95
C16	63.75	75.29	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	5.43	0.06	0.06	0.06	0.06
C17	17.72	13.82	10.63	15.32	1.09	0.05	11.22	14.28	13.94	20.79	18.03	52.83	1.43	6.05	7.20	11.23
Pri	9.51	10.96	11.47	12.17	0.11	10.68	1.81	0.11	2.21	0.11	0.11	28.56	9.54	6.96	5.72	0.11
C18	16.47	22.38	18.85	19.98	2.21	6.66	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	7.97	1.51	2.28	2.21	1.23
Fit	96.11	5.26	4.43	1.93	0.69	1.60	0.02	0.02	0.63	0.02	0.02	2.71	0.02	0.02	28.63	0.02
C19	17.77	119.15	4.05	17.02	0.05	9.35	4.88	4.03	4.48	14.91	0.05	17.94	1.75	5.96	0.59	4.20
C20	17.01	20.09	15.84	16.86	1.22	5.85	2.21	6.35	2.65	5.82	2.62	15.32	8.95	5.74	8.58	8.26
C21	27.39	16.83	16.56	56.99	9.33	11.25	8.76	10.90	11.60	30.18	17.55	24.41	13.48	7.55	17.21	3.73
C22	21.84	13.35	13.68	8.88	4.21	8.78	6.74	9.23	11.61	4.98	3.27	22.24	8.88	10.00	7.01	7.75
C23	16.14	6.32	10.62	7.42	1.56	4.89	3.11	6.66	8.27	4.89	3.61	32.07	8.37	9.79	6.94	8.07
C24	13.10	6.44	10.24	7.07	2.83	3.84	3.27	3.96	6.64	0.03	0.03	2.84	2.92	3.61	1.77	1.81
C25	14.11	1.14	0.76	5.89	1.52	3.05	1.90	4.03	7.41	5.77	1.09	8.74	2.55	5.36	5.23	3.85
C26	11.91	6.99	9.00	7.11	2.44	2.45	0.04	1.47	2.99	0.04	0.04	6.29	0.42	0.04	0.53	1.56
C27	14.98	6.01	13.91	10.14	3.27	3.14	1.05	1.62	4.15	1.30	0.09	8.48	2.96	2.44	2.15	2.37
C28	8.87	0.33	8.99	0.59	1.47	0.84	1.19	0.03	2.18	0.03	0.26	0.03	0.03	0.03	0.11	0.03
C29	10.48	5.99	8.96	6.87	1.77	25.52	16.59	2.80	23.03	0.57	1.05	6.03	5.04	1.32	0.17	5.07
C30	30.28	22.42	30.00	22.37	11.18	11.59	6.56	13.53	8.90	11.38	0.14	16.81	12.41	14.10	0.14	2.41
C31	23.22	12.98	32.32	17.18	8.54	11.87	15.15	11.35	13.21	5.13	4.69	9.88	7.10	2.66	9.07	6.66
C32	12.54	7.60	15.70	11.06	2.81	5.48	0.11	0.11	0.44	0.98	0.46	1.82	3.44	6.01	2.11	0.88
C33	1.16	16.98	1.16	1.16	7.66	23.93	16.56	1.16	1.16	5.32	3.97	4.87	1.16	2.53	8.46	6.79
C34	15.81	7.07	16.97	14.87	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07
C35	41.52	28.91	44.47	36.35	23.92	17.25	24.12	30.34	25.92	22.09	25.51	29.02	22.96	19.68	19.60	18.28
C36	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11
C37	24.87	21.79	27.40	26.16	23.57	31.23	25.86	24.65	21.04	24.53	19.14	20.33	25.01	19.11	21.02	6.33

Continuación tabla 9.4

Variable	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
C38	25.30	21.58	28.55	23.59	18.49	21.92	20.25	22.62	24.82	18.69	21.53	22.82	21.91	4.35	4.35	4.35
C39	24.42	19.58	28.12	20.71	8.05	19.10	17.63	19.38	24.44	8.05	8.05	21.89	8.05	8.05	8.05	8.05
C40	34.98	30.73	39.83	14.34	14.34	32.99	14.34	32.04	35.94	14.34	14.34	33.47	14.34	14.34	14.34	14.34
Naf	0.53	1.14	1.89	0.86	0.09	0.49	0.22	0.37	0.31	0.04	0.02	0.02	0.08	0.02	0.02	0.23
1MNaf	0.74	1.44	1.36	1.06	0.02	0.33	0.43	0.34	0.56	0.18	0.16	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
2MNaf	0.26	0.58	0.50	0.39	0.04	0.16	0.39	0.38	0.43	0.33	0.33	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Bfe	0.04	0.10	0.24	0.10	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
2.6DMNaf	1.25	1.56	1.40	1.48	1.74	0.71	0.62	0.68	0.68	0.80	1.82	0.56	0.97	2.21	1.00	0.62
AcNti	0.56	0.52	0.57	0.56	0.02	0.45	0.51	0.48	0.53	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
AcNte	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
2.3.5TMNaf	0.84	1.02	1.14	0.91	0.47	0.53	0.53	0.51	0.55	0.50	0.50	0.51	0.54	0.57	0.55	0.55
Fl	0.35	0.63	0.86	0.86	0.01	0.18	0.01	0.01	0.08	0.01	0.01	0.52	0.45	0.47	0.46	0.46
DBZ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.43	0.46	0.48	0.41	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
FNan	2.48	3.84	3.51	2.71	0.79	1.54	0.92	1.06	1.36	0.47	0.27	1.64	0.36	0.28	0.25	0.16
Ant	0.53	0.55	0.66	0.54	0.36	0.37	0.01	0.01	0.42	0.39	0.01	0.42	0.01	0.01	0.01	0.01
1.MFNan	1.49	1.81	1.92	1.27	0.77	1.16	0.35	0.60	0.68	0.10	0.07	1.26	0.54	0.59	0.55	0.54
Flte	1.54	1.74	2.17	1.32	0.36	0.70	0.38	0.57	0.72	0.10	0.14	0.78	0.01	0.05	0.01	0.01
Pir	5.33	6.30	6.59	4.11	1.51	2.68	1.88	2.78	3.30	0.95	0.95	3.21	0.27	0.63	0.19	0.11
Cri	0.08	0.08	0.26	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
BAAnt	2.12	1.26	2.59	1.11	0.63	1.04	0.94	1.54	2.22	0.89	0.70	2.32	0.09	0.84	0.09	0.71
BBFl	0.63	0.44	1.16	0.49	0.32	0.37	0.40	0.40	0.54	0.36	0.36	0.37	0.39	0.11	0.11	0.11
BKFl	0.56	0.51	0.65	0.55	0.44	0.44	0.50	0.47	0.53	0.48	0.48	0.49	0.16	0.16	0.16	0.16
BEPir	0.52	0.42	0.78	0.46	0.20	0.20	0.41	0.41	0.51	0.20	0.20	0.42	0.43	0.20	0.20	0.20
BAPir	0.58	0.52	0.65	0.57	0.45	0.46	0.52	0.49	0.55	0.50	0.50	0.51	0.55	0.21	0.21	0.21
Per	0.82	0.68	1.81	0.67	0.14	0.14	0.14	0.14	0.62	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
I13CPir	0.61	0.54	0.90	0.60	0.46	0.48	0.53	0.51	0.59	0.50	0.50	0.52	0.55	0.03	0.03	0.03
DAHAn	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
BGPir	0.63	0.56	0.91	0.62	0.47	0.49	0.55	0.53	0.61	0.00	0.52	0.53	0.57	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.4

Variable	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
UCM	17807.00	12723.90	16302.40	11224.70	2829.30	4020.00	3320.70	3363.90	5046.60	555.40	1963.30	8894.00	2255.40	2604.90	2568.90	620.30
Hct	732.89	639.97	548.43	482.39	187.04	332.34	247.29	253.36	307.43	227.40	165.94	443.20	213.33	181.01	203.74	154.12
PAHst	22.54	26.27	32.57	21.37	9.47	13.07	10.82	12.86	16.43	7.52	7.86	14.47	6.33	6.74	4.22	4.49

Tabla 9.5. Variables ambientales medidas durante el crucero oceanográfico Perdido II (PII). Los hidrocarburos y metales pesados están expresados en $\mu\text{g kg}^{-1}$ equivalentes a partes por billón (ppb).

Variable	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3	F1	F2
Lon	-96.84	-96.51	-97.03	-96.7	-96.35	-97.29	-96.89	-96.6	-97.53	-97.31
Lat	25.62	25.63	25.27	25.25	25.25	24.87	24.87	24.87	23.99	24
Z	44	85	40	96	481	34	98	456	38	83
T	26.97	22.64	29.64	21.69	9.61	29.71	20.93	10.13	29.35	23.05
S	36.38	36.4	36.2	36.44	35.16	36.12	36.5	35.23	36.29	36.42
OD	2.67	3.41	3.09	2.98	1.83	3.12	2.58	1.79	3.2	3.15
Chla	2.52	0.63	0.67	0.4	0.07	0.52	0.27	0.07	0.55	0.39
SigmaT	23.77	25.11	22.76	25.41	27.15	22.67	25.66	27.12	22.92	25
Clay	0.13	0.15	0.13	0.14	0.16	0.15	0.13	0.13	0.15	0.17
Silt	0.1	0.11	0.09	0.09	0.09	0.1	0.09	0.1	0.08	0.13
Sand	0.77	0.74	0.78	0.77	0.75	0.75	0.77	0.77	0.77	0.7
Or.Car	0.72	0.58	1.05	1.05	2.02	0.66	0.95	0.89	1.33	1.83
TOC	0.94	0.76	1.37	1.37	2.63	0.86	1.24	1.16	1.73	2.38
OM	1.61	1.3	2.35	2.35	4.52	1.48	2.12	2	2.97	4.09
V	132960	80680	88900	90450	96040	79380	101000	95250	81950	99850
Ni	34220	21970	22930	22960	28560	20490	25960	28290	20040	24770
Cd	248	151	177	173	262	175	197	237	163	196
Pb	47150	31260	29360	29130	28700	24440	32840	34960	25960	30680
Al	20379880	23656040	24425020	32278130	35248520	20464340	23027150	21844380	18334320	31676750
C10	6.61	3.89	0.03	7.86	0.03	0.44	8.41	0.13	0.03	0.03
C11	16.21	7.91	1.74	23.87	15.1	8.33	8.83	21.36	0.11	6.13
C12	8.23	5.57	0.86	16.08	0.63	0.99	14.9	27.03	12.72	20.55
C13	18.55	12.82	0.02	0.02	5.51	10.31	19.1	40.43	4.93	8.43
C14	12.64	5.11	0.65	20.18	1.23	27.54	23.61	35.05	21.07	4.88
C15	39.78	11.76	4.6	47.29	22.46	76.79	65.69	14.62	44.01	10.55
C16	13.45	19.65	15.7	11.09	11.66	7.4	9.65	27.92	11.71	11.23
C17	43.07	16.19	3.2	24.12	16.65	64.5	53.82	46.74	34.39	27.92
Pri	6.71	0.11	0.11	4.25	1.26	33.17	32.26	57.29	18.19	24.16
C18	10.58	4.46	1.41	6.64	4.23	10.74	13.22	11.16	8.73	5.95
Fit	12.14	7.37	0.98	3.01	1.15	3.18	4.07	2.16	3.39	2.83
C19	44.62	16.39	7.93	27.91	13.75	32.32	42.01	32.52	39.93	0.9
C20	18.79	8.41	1.17	10.64	1.97	20.35	27.57	26.95	12.06	5.8
C21	27.91	10.82	20.61	12.57	16.9	25.75	53.66	40.16	17.25	11.88
C22	26.85	7.22	1.97	2.67	14.6	3.74	23.54	7.22	15.46	7.49
C23	28.88	16.77	5.66	1.77	2.27	2.71	27.5	29.12	18.88	32.31
C24	24.8	13.53	0.5	14.39	12.37	20.86	28	20.71	14.7	18.7
C25	43.79	29.73	6.87	29.69	22.96	39.33	38.01	36.02	27.01	22.05
C26	26.65	19.86	3.46	2.76	13.91	23.13	3.93	25.3	16.94	16.22
C27	76.61	56.87	7.96	55.91	42.67	0.3	61.01	64.58	40.37	35.61
C28	33.62	21.51	0.34	1.02	0.03	4.57	28.13	26.62	2.06	0.31
C29	204.36	26.55	29.46	29.7	0.17	24.22	14.65	135.31	12.7	4.4

Continuación tabla 9.5

Variable	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3	F1	F2
C30	70.23	32.52	18.63	36.18	14.60	54.83	32.77	23.48	33.95	15.96
C31	70.74	53.13	39.20	56.76	8.97	65.89	46.25	33.97	27.34	26.60
C32	9.43	4.48	0.89	5.90	2.24	6.27	7.38	3.98	5.32	1.34
C33	1.16	1.16	16.89	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	10.55	1.16
C34	7.07	7.07	7.07	19.19	15.35	18.45	17.61	17.21	16.08	15.08
C35	3.84	14.76	3.84	3.84	3.84	3.84	15.14	3.84	3.84	3.84
C36	21.97	12.58	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11
C37	26.77	18.68	28.72	17.66	35.68	20.76	19.70	17.58	19.79	18.18
C38	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	27.64	4.35	4.35	4.35	4.35
C39	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05	8.05
C40	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34
Naf	1.50	1.20	0.05	3.76	0.02	1.93	2.07	8.05	1.72	3.19
1MNaf	0.85	0.53	0.14	1.30	0.04	0.91	0.65	1.68	0.68	1.23
2MNaf	1.31	0.76	0.27	2.15	0.02	1.41	1.02	3.53	1.04	2.57
Bfe	0.79	0.61	0.42	0.61	0.04	0.61	0.51	0.97	0.48	0.70
2.6DMNaf	2.62	0.84	1.09	1.82	0.07	2.72	1.04	1.21	1.67	1.57
AcNti	2.40	0.41	2.06	0.96	0.24	1.87	0.86	0.42	1.79	0.79
AcNte	0.16	0.22	0.09	0.18	0.10	0.42	0.11	0.19	0.56	0.37
2.3.5TMNaf	1.76	0.64	1.21	1.21	0.40	1.63	1.17	1.02	1.19	0.80
Fl	2.14	0.78	1.91	1.15	1.86	4.05	2.31	3.28	3.28	2.97
DBZ	0.43	0.49	0.21	0.28	0.32	0.84	0.38	0.50	0.77	0.22
FNan	7.66	5.40	6.90	4.80	9.52	14.80	10.70	12.96	16.71	9.16
Ant	1.72	1.23	1.58	1.09	1.19	1.52	0.73	0.86	1.48	1.23
1.MFNan	1.70	0.68	1.21	0.87	1.01	1.54	1.62	1.37	0.96	1.16
Flte	10.97	7.87	9.81	5.53	11.00	12.73	5.62	5.72	15.92	6.76
Pir	15.66	7.65	11.80	7.70	8.24	15.31	7.54	6.43	15.62	7.50
Cri	7.12	4.38	5.63	3.89	5.97	6.47	4.89	3.91	6.13	4.14
BAAnt	5.40	3.43	4.74	2.70	3.75	4.93	2.43	2.07	4.42	3.33
BBFl	13.68	12.82	13.96	10.96	10.65	12.57	8.75	9.00	9.61	9.99
BKFl	4.07	3.68	4.08	3.25	3.00	4.02	2.52	2.55	3.18	2.93
BEPir	8.50	6.01	8.58	5.99	5.25	7.77	5.04	4.16	5.81	5.13
BAPir	7.26	4.11	6.99	3.70	2.37	6.89	2.35	1.65	4.65	3.35
Per	27.36	19.97	28.14	18.81	3.51	27.39	6.04	5.83	13.79	17.23
II3CPir	10.15	10.14	11.36	9.32	9.05	10.43	7.28	7.96	7.33	7.58
DAHAn	3.05	2.48	2.98	2.45	2.24	3.00	2.05	1.95	2.15	2.09
BGPir	13.59	9.90	14.48	10.07	7.29	13.22	7.74	6.64	8.46	7.60
UCM	14210.70	5936.70	2810.10	7763.00	4565.40	13849.70	14674.20	13235.00	9305.60	10037.80
Hct	1095.81	564.79	359.07	593.62	385.12	793.47	825.82	918.46	618.89	459.06
PAHst	151.84	106.22	139.66	104.54	87.03	158.97	85.41	93.89	129.39	103.60

Tabla 9.6. Variables ambientales medidas durante el crucero oceanográfico Perdido III (PIII). Los hidrocarburos y metales pesados están expresados en $\mu\text{g kg}^{-1}$ equivalentes a partes por billón (ppb).

Variable	B1	B2	C1	C3	D1	D2	D3	F1	F2
Lon	-96.31	-96.36	-97.32	-96.5	-96.21	-96.53	-97.19	-97.03	-97.17
Lat	25.37	24.52	24	25.38	25.15	24.52	24.01	25.15	24.52
Z	97.6	473.4	48.1	50.4	503.8	107	93	47	44
T	21.53	6.11	25.21	25.16	8.36	21.51	20.6	27.32	24.56
S	36.5	34.92	36.45	36.44	35.03	36.49	36.51	36.42	36.45
OD	2.38	2.47	3.6	3.57	1.9	2.71	2.37	3.83	3.8
Chla	0.92	0.07	0.27	0.34	0.07	0.97	0.67	0.17	0.28
SigmaT	25.49	27.48	24.37	24.39	27.25	25.5	25.76	23.69	24.58
Clay	0.15	0.15	0.17	0.17	0.16	0.17	0.15	0.12	0.16
Silt	0.09	0.04	0.07	0.06	0.03	0.04	0	0.09	0.04
Sand	0.76	0.81	0.76	0.77	0.82	0.79	0.85	0.79	0.81
Or.Car	0.72	0.6	1	0.72	1	0.84	0.93	0.79	0.74
TOC	0.93	0.78	1.3	0.93	1.3	1.09	1.21	1.02	0.96
OM	1.6	1.33	2.24	1.6	2.24	1.87	2.08	1.76	1.66
V	64370	84360	65730	60290	50680	91830	79840	70690	82380
Ni	16350	23460	16070	15270	14710	22990	20090	18080	21070
Cd	130	210	190	150	110	190	210	160	190
Pb	23160	31620	25210	19480	17750	32760	31360	24540	28790
Al	9975980	12351040	10430100	13841360	6219000	15311780	12534280	6239810	13371770
C10	0.03	0.03	0.03	0.03	17.25	13.5	0.03	0.03	19.86
C11	52.92	57.48	26.49	69.2	22.67	5.79	13.86	8.92	35.38
C12	17.46	24.01	7.5	29.79	11.32	12.67	4.99	10.53	12.41
C13	0.02	3.33	0.97	0.02	34.19	3.26	4.59	0.28	34.51
C14	10.13	18.9	10.46	23.67	0.07	7.58	5.13	6.93	0.07
C15	15.54	39.87	24.39	44.14	0.22	15.93	6.56	12.87	18.32
C16	20.42	34.45	24.55	37.37	2.63	14.51	11.91	15.92	2.62
C17	20.42	24.74	47.56	39.02	31.49	22.29	14.34	20.45	29.6
Pri	11.91	12.53	22.05	20.78	0.11	12.42	4.10	10.39	0.11
C18	32.99	33.5	70.38	87.72	29.53	39.14	16.87	35.95	22.98
Fit	9.47	9.83	17.84	19.89	8.13	12.72	5.99	9.76	8.86
C19	53.83	57.57	144.37	142.36	63.12	100.45	20.84	92.56	75.56
C20	34.23	39.39	136.3	120.55	37.21	63.86	23.66	6.31	3.17
C21	23.54	34.44	103.76	54.09	22.98	33.97	14.24	35.83	46.76
C22	11.89	13.99	30.97	18.32	0.57	13.96	14.51	12.2	1.14
C23	13	15.31	28.21	17.48	20.35	23.2	23.51	27.08	27.66
C24	8.16	12.45	25.07	18.63	10.85	10.94	16.08	14.91	15.83
C25	16.36	28.59	35.01	24.78	22.88	19.16	31.52	27.88	30.64
C26	11.14	19.42	17.92	17.25	0.17	13.82	18.97	15.86	2.07
C27	38.46	53.82	51.1	47.22	49.09	36.25	55.66	51.62	0.09
C28	15.05	22.57	21.78	15.7	0.02	13.84	22.81	19.76	0.46
C29	100.32	154.06	124.41	103.7	137.1	103.68	160.98	129.3	145.51
C30	25.78	35.65	26.65	27.79	34.16	28.22	39.83	32.47	37.68
C31	122.63	203.76	154.28	137.87	176.7	137.81	210.66	173.38	194.24
C32	29.00	35.75	42.74	46.33	42.32	28.30	45.03	53.81	53.98
C33	87.27	139.37	121.77	116.07	127.28	100.29	154.69	137.39	159.30
C34	7.07	7.07	7.07	7.07	26.55	19.18	22.83	21.13	24.63
C35	44.02	53.56	78.71	41.17	66.00	70.41	78.06	55.77	83.15
C36	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11
C37	23.67	54.28	35.30	32.67	42.09	23.84	26.43	25.49	35.77
C38	26.53	26.24	26.22	25.84	27.08	24.20	25.36	25.24	27.85
C39	23.81	23.66	25.76	25.02	24.80	21.07	22.78	23.94	26.51
C40	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34
Naf	0.02	0.29	0.02	0.51	1.82	2.27	0.89	1.49	2.30
1MNaf	0.02	0.24	0.02	0.48	0.90	1.31	0.63	0.96	1.84
2MNaf	0.04	0.04	0.04	0.04	0.55	0.74	0.41	0.64	0.91
Bfe	0.04	0.04	0.04	0.04	0.80	0.41	0.33	0.58	0.87
2.6DMNaf	0.01	0.01	0.01	0.01	0.61	0.93	0.86	1.62	2.31
AcNti	0.02	0.02	0.34	0.34	0.16	0.53	0.60	2.25	2.74
AcNte	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.13	0.05	0.09	0.22

Continuación tabla 9.6

Variable	B1	B2	C1	C3	D1	D2	D3	F1	F2
2.3.5TMNaf	0.01	0.01	0.01	0.01	0.38	0.47	0.52	0.62	1.05
Fl	0.27	0.24	0.35	0.68	0.80	0.75	0.50	0.85	0.93
DBZ	0.02	0.02	0.02	0.02	0.16	0.16	0.11	0.24	0.30
FNan	1.95	1.59	3.09	3.14	3.88	3.22	2.93	4.75	4.78
Ant	0.08	0.36	0.20	0.34	0.81	0.57	0.86	1.37	1.68
1.MFNan	0.22	0.11	0.80	0.80	0.69	0.89	0.53	1.14	1.15
Flte	1.59	1.40	3.07	3.50	2.64	3.45	3.65	8.07	12.38
Pir	2.67	1.82	6.05	6.41	3.55	5.22	4.22	11.08	13.66
Cri	1.10	1.45	3.18	2.85	2.11	2.43	2.33	4.97	6.61
BAAnt	0.66	0.77	1.29	1.62	1.22	1.46	1.77	4.17	6.07
BBFl	2.47	2.55	2.39	3.81	4.57	2.58	3.32	9.03	9.89
BKFl	1.44	1.64	1.83	2.55	2.68	2.67	3.35	5.45	6.56
BEPir	1.59	1.30	2.11	2.93	2.52	2.77	3.52	6.53	7.41
BAPir	1.14	0.96	1.84	2.39	1.43	1.79	2.26	5.50	7.21
Per	5.92	8.09	7.20	8.79	10.27	10.58	12.30	20.67	23.69
I13CPir	2.85	2.79	2.63	3.70	4.88	4.01	5.26	7.07	8.12
DAHAn	0.59	0.56	0.66	0.84	0.73	0.70	0.88	1.47	1.76
BGPir	2.98	2.44	3.34	4.53	4.19	4.00	5.05	8.65	9.60
UCM	9054.86	8420.82	13495.78	17391.84	6448.73	6235.71	9141.01	10467.12	7546.84
Hct	953.24	1336.8	1548.59	1480.3	1158.71	1118.72	1192.37	1241.62	1329.18
PAHst	27.71	28.76	40.54	50.31	52.37	54.03	57.12	109.24	134.03

Análisis de coordenadas principales de las variables ambientales de los márgenes externos de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP)

Suma de cuadrados (G): 984

Tabla 9.7. Varianza individual por eje del análisis de coordenadas principales (PCO).

Eje	Eigenvalor	Varianza individual (%)	Acumulativa (%)
1	519.14	52.76	52.76
2	130.52	13.26	66.02
3	103.25	10.49	76.52
4	67.16	6.83	83.34
5	41.24	4.19	87.53
6	26.81	2.72	90.26
7	22.757	2.31	92.57
8	19.876	2.02	94.59
9	13.591	1.38	95.97
10	10.286	1.05	97.02
11	9.2931	0.94	97.96
12	6.8824	0.7	98.66
13	5.8141	0.59	99.25
14	2.9728	0.3	99.55
15	1.9439	0.2	99.75
16	0.89619	0.09	99.84
17	0.67644	0.07	99.91
18	0.42186	0.04	99.95
19	0.2821	0.03	99.98
20	0.11505	0.01	99.99
21	0.051409	0.01	100
22	0.020368	0	100

Tabla 9.8. Valores de coordenadas principales de las variables ambientales de los márgenes externos de la plataforma de Yucatán (MEPY) y el Cinturón Plegado Perdido (CPP).

Estación	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15
G34.GIV	2.43	-1.07	0.40	-0.36	-0.57	0.76	-0.51	-0.97	0.04	0.34	-0.19	-0.18	0.05	0.10	0.12
H39.GIV	2.93	-0.40	-0.51	0.29	-0.94	0.09	-0.06	-0.96	-0.27	-0.13	0.05	0.15	0.05	0.20	0.05
I43.GIV	2.20	-1.09	0.84	-0.95	-0.04	1.16	-1.19	-0.54	-1.14	0.05	-0.07	0.37	0.04	-0.14	0.12
L59.GIV	1.95	-0.16	-4.36	-6.58	-0.16	0.04	0.55	0.57	0.33	0.26	0.01	-0.74	0.04	0.04	0.03
P78.GIV	2.98	-0.13	0.28	-0.57	-0.21	-0.07	-0.39	-1.83	0.56	0.09	0.17	0.20	0.13	0.25	-0.01
P79.GIV	2.51	-0.74	-1.95	0.15	0.13	-1.70	-1.92	-0.91	-0.19	-1.12	1.23	0.31	0.40	-0.04	-0.02
P80.GIV	3.28	-0.27	0.10	0.81	-1.85	0.27	-0.91	0.00	-0.89	0.99	0.16	-0.57	-0.09	0.04	-0.13
A3.GV	2.26	1.09	0.71	-0.96	1.63	0.29	-0.37	0.61	0.45	-0.19	-0.14	0.95	-0.21	0.10	-0.05
A4.GV	3.25	1.81	0.32	0.49	0.21	-0.01	0.53	-0.23	0.92	0.35	-0.33	0.18	-0.54	0.33	-0.32
A5.GV	1.66	-0.93	0.73	-0.47	0.27	0.72	-1.59	0.27	0.45	-0.25	-0.80	-0.04	-0.78	-0.58	0.19
B8.GV	3.06	1.62	0.19	-0.32	0.83	0.06	-0.11	1.29	-0.51	-0.12	-0.22	0.63	-0.22	0.19	-0.26
F29.GV	3.88	0.64	0.03	0.94	-0.58	-0.54	0.71	-0.21	0.56	0.12	-0.14	-0.24	-0.18	-0.08	0.05
G34.GV	3.10	0.19	0.42	0.45	0.11	0.12	0.03	0.37	0.34	-0.19	-0.32	-0.10	0.20	-0.04	0.08
G35.GV	2.98	-0.85	0.13	0.35	-0.65	0.26	-0.57	0.61	-0.72	-0.73	-0.47	-0.54	0.19	-0.01	-0.10
H39.GV	3.41	0.66	0.36	0.48	-0.27	0.08	0.52	0.07	0.53	-0.16	-0.05	-0.05	0.03	-0.12	-0.22
H40.GV	2.48	-1.21	0.67	0.28	-0.37	0.43	-0.43	-0.14	0.71	-0.59	-0.27	-0.38	0.35	-0.01	0.03
I43.GV	3.82	0.99	0.16	0.19	0.06	-0.27	0.63	1.01	-0.76	0.01	0.17	0.38	0.09	-0.04	0.01
J48.GV	3.34	0.43	1.71	0.04	0.93	0.26	0.39	0.78	-0.22	0.35	0.32	0.11	0.43	0.01	0.22
L59.GV	3.24	0.20	0.35	-0.26	0.01	0.20	0.29	0.57	-0.56	-0.13	0.09	0.47	-0.01	-0.13	0.12
O75.GV	3.55	-0.17	0.11	0.30	-0.79	0.09	0.37	0.16	-0.42	-0.20	-0.22	-0.08	-0.13	-0.01	0.01
P78.GV	3.86	0.73	0.39	0.81	-0.29	-0.50	0.83	-0.81	1.47	0.37	-0.02	-0.01	0.00	-0.32	0.11
P79.GV	4.03	0.74	0.43	0.52	0.09	-0.39	0.72	0.94	-0.51	0.16	0.46	-0.03	0.50	-0.12	0.01
P80.GV	3.79	0.21	0.67	0.77	-0.26	-0.24	0.58	-0.32	0.56	0.25	0.15	-0.27	0.30	0.00	0.07

Continuación tabla 9.8

Estación	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21	Eje 22
G34.GIV	-0.01	0.06	-0.01	0.03	0.02	-0.03	0.07
H39.GIV	-0.23	0.36	-0.13	-0.10	-0.06	0.00	-0.02
I43.GIV	-0.10	-0.02	-0.08	0.07	0.04	0.04	0.00
L59.GIV	0.02	0.00	0.02	-0.01	0.00	0.01	-0.01
P78.GIV	0.17	-0.12	0.14	0.08	-0.04	0.02	-0.02
P79.GIV	0.19	-0.08	0.11	-0.01	0.01	0.00	-0.01
P80.GIV	-0.04	0.27	0.16	-0.11	0.08	-0.03	-0.01
A3.GV	0.18	0.00	0.05	-0.10	-0.01	0.00	0.02
A4.GV	0.19	0.15	-0.05	-0.01	0.00	0.01	0.01
A5.GV	-0.14	-0.12	-0.01	-0.17	-0.01	-0.01	0.00
B8.GV	0.29	0.10	0.04	-0.04	0.02	-0.01	0.02
F29.GV	0.00	-0.01	0.05	0.02	-0.03	0.00	-0.03
G34.GV	0.05	0.00	-0.14	-0.01	0.03	0.00	-0.01
G35.GV	0.07	-0.06	-0.10	0.07	-0.01	0.02	0.03
H39.GV	0.08	0.01	-0.10	0.04	0.00	0.03	0.01
H40.GV	-0.03	-0.07	-0.06	-0.03	-0.05	0.00	0.03
I43.GV	-0.07	-0.03	0.01	0.08	-0.05	-0.02	-0.02
J48.GV	-0.09	-0.15	0.09	-0.06	0.03	-0.03	0.00
L59.GV	-0.17	0.00	0.01	0.03	-0.07	0.01	-0.04
O75.GV	0.03	-0.08	0.10	0.12	-0.07	0.01	0.00
P78.GV	-0.10	-0.06	0.00	-0.02	0.03	-0.02	-0.01
P79.GV	-0.13	0.00	-0.06	0.02	0.07	-0.03	0.00
P80.GV	-0.01	-0.05	0.03	0.03	0.07	0.01	-0.02

Tabla 9.9. Valores de coordenadas principales de las variables ambientales del Cinturón Plagado Perdido (CPP).

Estación	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15
B1.PII	-6.88	2.91	-2.19	-0.04	-1.27	0.65	0.09	-0.43	0.08	-0.04	-1.44	0.94	0.87	-0.21	0.21
B2.PII	-3.20	1.35	-0.05	0.17	-1.45	-1.39	1.06	0.06	-0.59	0.48	0.58	0.17	-0.45	-0.15	0.28
C1.PII	-4.41	2.80	2.45	0.31	-0.76	0.54	0.48	-0.08	-0.65	-0.59	-0.29	-1.00	-0.07	0.40	0.13
C2.PII	-4.52	0.37	0.94	-0.38	-0.37	-1.28	-0.15	0.14	-0.03	0.12	0.10	0.06	-0.42	-0.50	0.25
C3.PII	-5.02	-4.35	4.61	-1.87	-0.28	0.71	1.56	-0.34	0.05	-0.97	0.29	0.08	0.28	0.00	-0.01
D1.PII	-4.47	3.53	-0.37	-0.76	-1.58	-0.05	0.25	-0.47	-0.13	-0.70	0.55	0.38	-0.79	0.18	0.03
D2.PII	-3.81	-0.15	0.30	-0.75	-0.42	-1.49	-0.17	-0.34	-0.21	0.17	0.04	-0.01	0.07	-0.28	-0.67
D3.PII	-4.77	-3.34	-0.79	0.74	-2.01	-1.15	-0.74	1.25	0.53	0.65	-0.36	0.33	0.67	0.63	0.06
F1.PII	-4.25	1.70	1.99	-0.93	0.64	-0.09	-0.86	-0.05	0.38	-0.28	-0.13	0.07	-0.16	0.37	-0.40
F2.PII	-5.20	-0.71	3.72	-1.06	1.36	-0.86	-1.07	0.45	0.43	0.98	0.14	-0.23	0.17	-0.29	0.11
B1.PIII	-1.61	-0.12	-1.34	0.91	2.32	-1.59	-0.29	0.20	0.03	-0.34	-0.43	-0.43	-0.35	0.38	0.57
B2.PIII	-0.99	-1.31	-1.04	0.84	1.28	-0.57	0.12	-0.72	-0.81	0.08	-0.81	-0.38	-0.42	0.34	0.02
C1.PIII	-3.55	2.33	-1.22	1.13	0.88	1.23	-0.36	0.40	0.40	-0.20	0.59	-0.41	0.25	0.24	-0.16
C3.PIII	-2.74	-4.00	-1.33	0.93	-0.78	1.78	-0.13	0.72	0.57	0.57	0.82	0.43	-0.86	0.33	0.09
D1.PIII	-4.89	2.73	-1.65	1.45	0.16	1.34	-0.70	0.76	0.58	-0.14	0.78	-0.62	0.33	-0.42	0.02
D2.PIII	-2.52	-0.74	-0.76	0.86	0.86	-0.08	0.23	-0.38	-0.59	0.80	-0.42	-0.22	-0.07	-0.23	-0.55
D3.PIII	-2.32	-4.24	-2.99	1.70	0.41	-0.34	1.19	0.56	0.20	-1.06	-0.25	-0.03	-0.18	-0.37	-0.23
F1.PIII	-1.72	-0.20	-0.78	-0.06	2.49	0.27	0.88	-0.82	-0.26	0.40	0.44	0.19	0.52	0.29	0.06
F2.PIII	-3.11	-0.82	-1.69	0.44	1.19	1.25	0.50	-1.23	-0.71	0.56	0.20	0.15	-0.03	-0.31	0.09

Continuación tabla 9.9

Estación	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21	Eje 22
B1.PII	-0.04	-0.03	0.11	0.07	0.03	-0.03	0.00
B2.PII	-0.08	-0.22	0.00	-0.17	-0.09	0.07	0.04
C1.PII	0.27	-0.16	0.10	-0.05	0.08	0.03	-0.02
C2.PII	0.29	0.18	-0.26	0.14	0.06	0.03	-0.02
C3.PII	0.08	0.14	0.00	-0.03	-0.07	-0.05	-0.01
D1.PII	-0.16	0.13	0.08	0.03	0.03	-0.05	0.02
D2.PII	-0.12	-0.22	-0.17	0.01	0.05	-0.08	0.01
D3.PII	0.10	0.01	-0.09	-0.10	-0.03	0.02	-0.01
F1.PII	-0.38	0.01	-0.03	-0.01	0.02	0.09	-0.04
F2.PII	-0.04	0.07	0.20	0.06	0.02	0.00	0.01
B1.PIII	-0.05	0.15	0.01	0.01	-0.03	-0.07	-0.01
B2.PIII	-0.10	-0.16	-0.06	0.11	-0.02	-0.01	0.01
C1.PIII	-0.07	-0.15	-0.12	-0.11	-0.01	-0.06	-0.02
C3.PIII	-0.01	-0.18	0.00	0.17	0.04	-0.02	-0.01
D1.PIII	0.03	0.18	0.00	0.10	-0.10	0.03	0.02
D2.PIII	0.10	0.04	0.14	0.02	-0.13	-0.02	-0.01
D3.PIII	-0.11	0.10	0.20	-0.06	0.11	0.05	0.01
F1.PIII	-0.15	0.08	-0.06	0.03	0.05	0.06	0.05
F2.PIII	0.28	-0.04	-0.11	-0.18	0.02	0.00	-0.03

9.2 Capítulo III

Figuras de abundancia, biomasa relativa, rango geográfico de distribución y tablas de abundancia y biomasa.

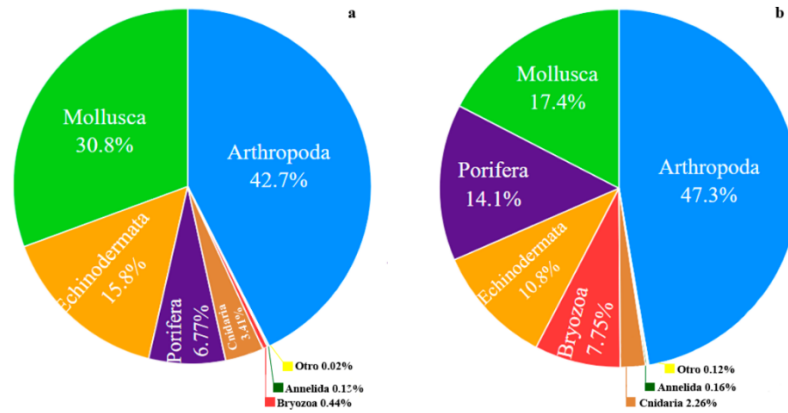


Figura 9.1. Valores relativos de abundancia y biomasa relativa de la fauna megabentónica capturada durante los cruceros oceanográficos comprendidos en la presente evaluación. Gomex IV (GIV). Gomex V (GV). Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). a. Abundancia relativa. b. Biomasa relativa.

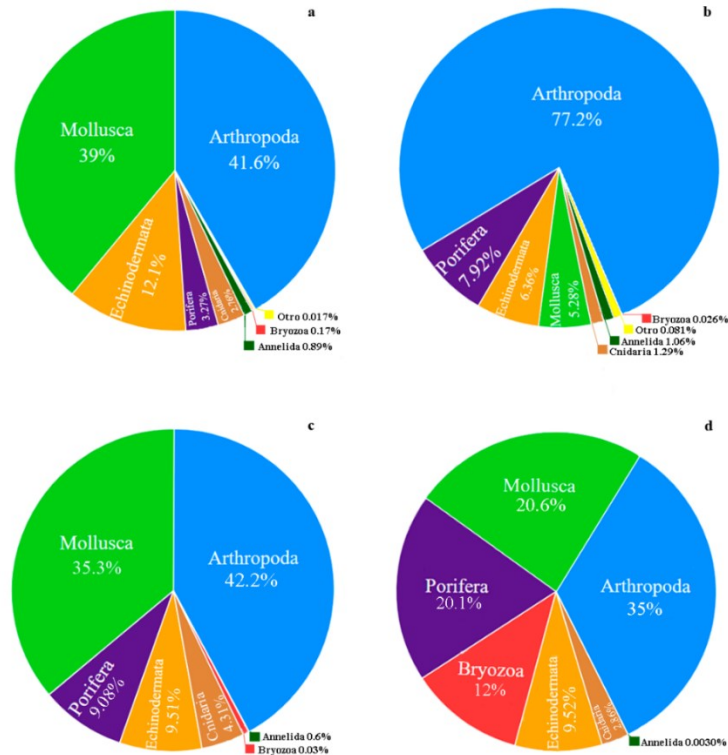


Figura 9.2. Valores de abundancia y biomasa relativa de la fauna megabentónica presente en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán (MEPY). a. Abundancia relativa GIV. b. Biomasa relativa GIV. c. Abundancia relativa GV. d. Biomasa relativa GV.

Tabla 9.10. Especies más abundantes, los valores están en 10³ ind km⁻². Se presenta el phylum, especie, abundancia total (Abundancia), abundancia relativa (AR) y la abundancia relativa acumulada (ARA).

Phylum	Especie	Abundancia	AR	ARA
Arthropoda	<i>Periclimenes iridescens</i>	136	7.1	7.1
Arthropoda	<i>Portunus sp.</i>	105	5.4	12.5
Mollusca	<i>Botula fusca</i>	101	5.2	17.8
Mollusca	<i>Globivenus rigida</i>	80	4.1	21.9
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	76	4.0	25.9
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	59	3.1	29.0
Arthropoda	<i>Callinectes sapidus</i>	57	3.0	32.0
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	54	2.8	34.8
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	49	2.5	37.3
Mollusca	<i>Caribachlamys sentis</i>	35	1.8	39.1
Mollusca	<i>Aequipecten exasperatus</i>	33	1.7	40.8
Arthropoda	<i>Stenocionops furcatus</i>	31	1.6	42.4

Tabla 9.11. Especies con mayores contribuciones de biomasa, los valores de biomasa están en kg AFDW km⁻². Se presenta el phylum, especie, biomasa total (Biomasa), biomasa relativa (BR) y biomasa relativa acumulada (BRA).

Phylum	Especie	Biomasa	BR	BRA
Arthropoda	<i>Callinectes sapidus</i>	209.15	7.28	7.28
Arthropoda	<i>Panulirus argus</i>	145.77	5.07	12.35
Arthropoda	<i>Periclimenes iridescens</i>	137.56	4.79	17.14
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	106.85	3.72	20.86
Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	101.04	3.52	24.38
Mollusca	<i>Botula fusca</i>	100.58	3.5	27.88
Arthropoda	<i>Pagurus diogenes</i>	92.25	3.21	31.09
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	89.95	3.13	34.22
Mollusca	<i>Globivenus rigida</i>	84.31	2.93	37.16
Arthropoda	<i>Portunus sp.</i>	77.38	2.69	39.85
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	76.91	2.68	42.53
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	75.85	2.64	45.17
Porifera	<i>Ircinia strobilina</i>	70.32	2.45	47.62
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	68.18	2.37	49.99
Porifera	<i>Cliona sp.</i>	61.43	2.14	52.13
Porifera	<i>Iotrochota birotulata</i>	61.39	2.14	54.27
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	59.11	2.06	56.33
Arthropoda	<i>Dardanus insignis</i>	52.65	1.83	58.16
Echinodermata	<i>Lophaster verrilli</i>	44.43	1.55	59.7
Porifera	<i>Aplysina fulva</i>	41.71	1.45	61.16
Arthropoda	<i>Scyllarides nodifer</i>	39.29	1.37	62.52
Echinodermata	<i>Oreaster reticulatus</i>	38.93	1.36	63.88
Arthropoda	<i>Stenorhynchus seticornis</i>	36.78	1.28	65.16

Continuación tabla 9.11

Phylum	Especie	Biomasa	Biomasa relativa (BR)	BR. Acumulada
Mollusca	<i>Caribachlamys sentis</i>	34.6	1.2	66.36
Mollusca	<i>Aequipecten exasperatus</i>	32.95	1.15	67.51

Tabla 9.12. Abundancia de especies en 10³ ind km⁻² capturados en los márgenes externos de la plataforma continental de Yucatán durante el crucero Gomex IV (GIV).

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
Annelida	<i>Bispira melanostigma</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Annelida	<i>Nereis sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Annelida	<i>Sabellaria floridensis</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Annelida	<i>Sabellastarte sp.</i>	0.08	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Annelida	<i>Salmacina huxleyi</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.39	0.60	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	26.34	0.00	17.89	1.95	0.00	4.95	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	3.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.28	0.00
Arthropoda	<i>Agolambrus agonus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.15	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Alpheus formosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Anasimus latus</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Batrachonotus fragosus</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Calappa flammea</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Calappa sulcata</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes similis</i>	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00
Arthropoda	<i>Dardanus insignis</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Etisus maculatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Iliacantha subglobosa</i>	0.17	0.13	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Macrocoeloma camptocerum</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Moreiradromia antillensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Neogonodactylus oerstedii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nibilia antilocapra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
Arthropoda	<i>Osachila tuberosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Panulirus argus</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	13.71	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Percnon gibbesi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Platylambrus granulatus</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Porcellana sayana</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pyromaia cuspidata</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Scyllarides nodifer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
Arthropoda	<i>Scyllarus americanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia brevirostris</i>	0.25	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia dorsalis</i>	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia typica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Squilla empusa</i>	0.66	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.74
Arthropoda	<i>Squilla intermedia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.12

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
Arthropoda	<i>Stenorhynchus seticornis</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.13	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Alcyonidium hauffi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Alcyonidium sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Membranipora sp.</i>	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chordata	<i>Ascidia interrupta</i>	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Caryophyllia sp.</i>	0.00	0.00	0.26	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Cereus sp.</i>	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Exaiptasia diaphana</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Gymnangium speciosum</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Macrorhynchia ramulosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Millepora alcicornis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Millepora complanata</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Millepora squarrosa</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Phymanthus crucifer</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	3.39	0.00	0.14	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00
Cnidaria	<i>Pseudoplexaura sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pterogorgia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Ralpharia gorgoniae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Stylaster roseus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Tanacetipathes hirta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Acanthaster sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	12.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Anthenoides peircei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.15	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
Echinodermata	<i>Astrocnida isidis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten alligator</i>	0.17	0.26	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Cheiraster sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00
Echinodermata	<i>Clypeaster ravenelii</i>	0.00	0.39	0.26	0.08	0.00	0.00	0.30	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.48	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Comactinia echinoptera</i>	0.00	0.13	0.26	0.00	0.13	1.30	0.00	0.85	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Encope michelini</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Euclidaris tribuloides</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.17	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Goniaster tessellatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria occidentalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Linckia guildingi</i>	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Luidia lawrencei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00
Echinodermata	<i>Luidia senegalensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
Echinodermata	<i>Lytechinus variegatus</i>	0.00	0.13	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Narcissia trigonaria</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Nymphaster arenatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiacantha echinulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiomyxa tumida</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Persephonaster patagiatus</i>	0.00	0.00	0.26	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Pseudarchaster gracilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.12

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
Echinodermata	<i>Stylocidaris affinis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Stylocidaris lineata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.44	0.00
Echinodermata	<i>Tamaria halperni</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00
Echinodermata	<i>Tripneustes ventricosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.22	0.00
Mollusca	<i>Aequipecten exasperatus</i>	0.00	0.00	1.05	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara notabilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara secticostata</i>	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anodontia alba</i>	0.00	0.00	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anomia simplex</i>	0.00	0.00	2.11	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arca zebra</i>	0.00	0.00	0.00	0.15	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Architectonica nobilis</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arcinella</i>	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arcinella cornuta</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Argopecten gibbus</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
Mollusca	<i>Barbatia candida</i>	0.00	0.00	8.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Caecum sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Callucina keenae</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Cinctura lilium</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Cinguloterebra floridana</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus cancellatus</i>	0.00	0.00	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Crucibulum planum</i>	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Diplodonta punctata</i>	0.08	0.00	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Distorsio clathrata</i>	0.00	0.00	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euvola raveneli</i>	0.08	0.00	0.26	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Fugleria tenera</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Fulguopsis spirata</i>	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Fulvia laevigata</i>	0.33	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
Mollusca	<i>Fusinus sp.</i>	0.00	0.00	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Gemmula periscelida</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Globivenus rigida</i>	0.00	0.00	16.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Guttarium muricinum</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Hastula inconstans</i>	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Heilprinia dowiana</i>	0.00	0.00	1.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Isognomon radiatus</i>	0.00	0.00	0.79	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Linatella cauda</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lirophora latilirata</i>	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lirophora oblitterata</i>	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Nodipecten nodosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Octopus vulgaris</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pegophysema philippiana</i>	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.12

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
Mollusca	<i>Periglypta listeri</i>	0.00	0.00	0.26	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Phlyctiderma semiaspera</i>	0.00	0.00	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Plicatula gibbosa</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Polystira vibex</i>	0.00	0.00	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Psammotella cruenta</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Psammotreta brevifrons</i>	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pseudochama cristella</i>	0.00	0.00	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Semicassis granulata</i>	0.00	0.00	2.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Septa rubecula</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Solenosteira cancellaria</i>	0.00	0.00	1.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Spondylus tenuis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tivela mactroides</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tonna galea</i>	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Turritella radula</i>	0.00	0.00	21.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vermicularia knorrii</i>	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vermicularia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex cabritii</i>	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex recurvirostris</i>	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex rubidus</i>	0.00	0.00	1.05	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas clathroides</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas conifera</i>	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas sp.</i>	0.08	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas wiedenmayeri</i>	0.08	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Amphimedon compressa</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aplysina fistularis</i>	0.17	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aplysina fulva</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Calyx podatypa</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cervicornia cuspidifera</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cliona sp.</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cliona varians</i>	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00
Porifera	<i>Diplastrella megastellata</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06	0.07
Porifera	<i>Ectyoplasia ferox</i>	0.08	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
Porifera	<i>Ectyoplasia sp.</i>	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Geodia neptuni</i>	0.25	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Haliclona tubifera</i>	0.00	0.00	0.00	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Iotrochota birotulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Monanchora arbuscula</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Mycale laxissima</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Myxilla sp.</i>	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Neopetrosia carbonaria</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Niphates erecta</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.12

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
Porifera	<i>Plakortis angulospiculatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00
Porifera	<i>Scopalina ruetzleri</i>	0.17	0.13	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Sphaciospongia vesparium</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Tedania ignis</i>	0.33	0.13	0.00	0.15	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sipuncula	<i>Sipunculus nudus</i>	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

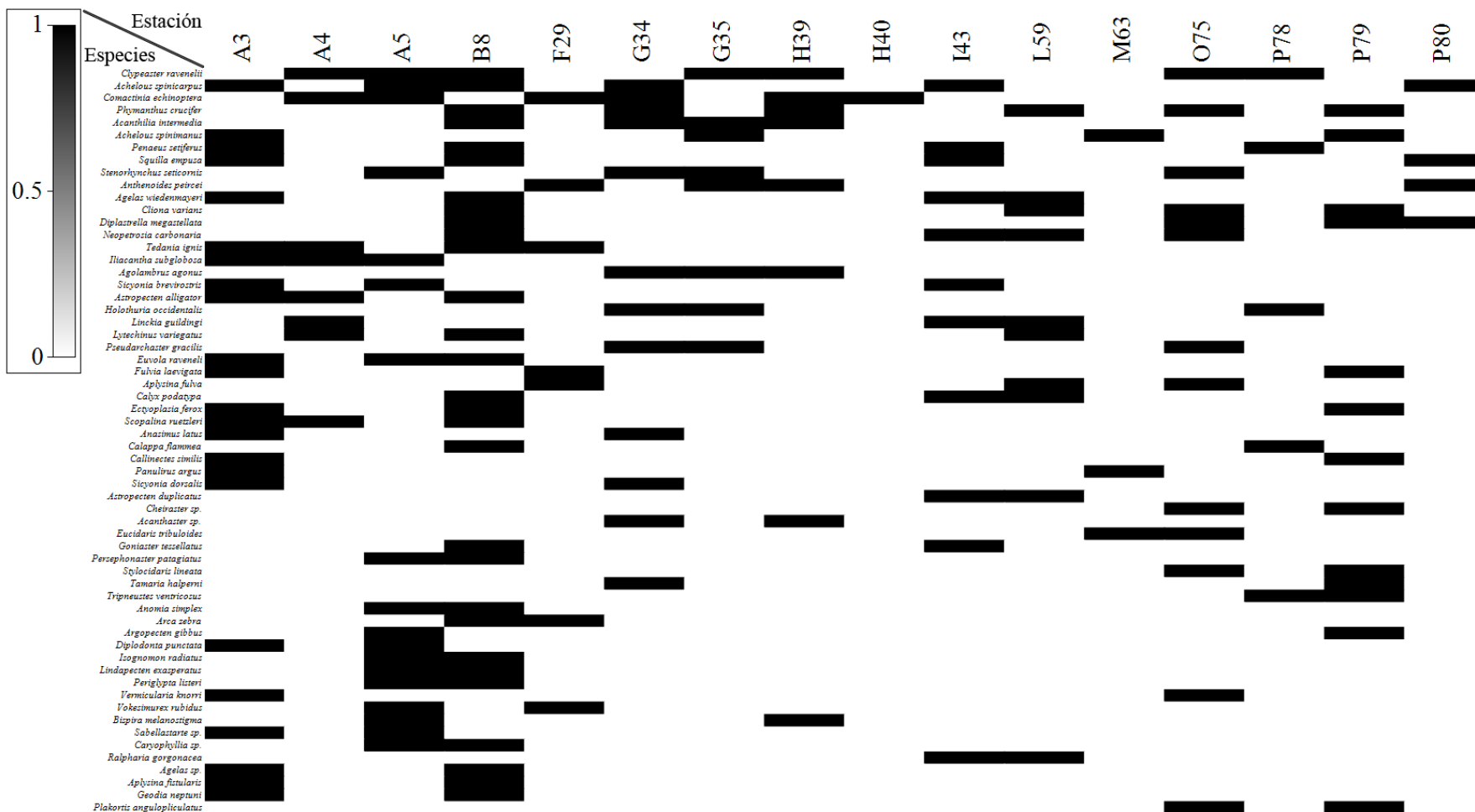


Figura 9.3. Especies capturadas durante el crucero Gomex IV (GIV) que presentaron una distribución regional mayor al 12.5%.

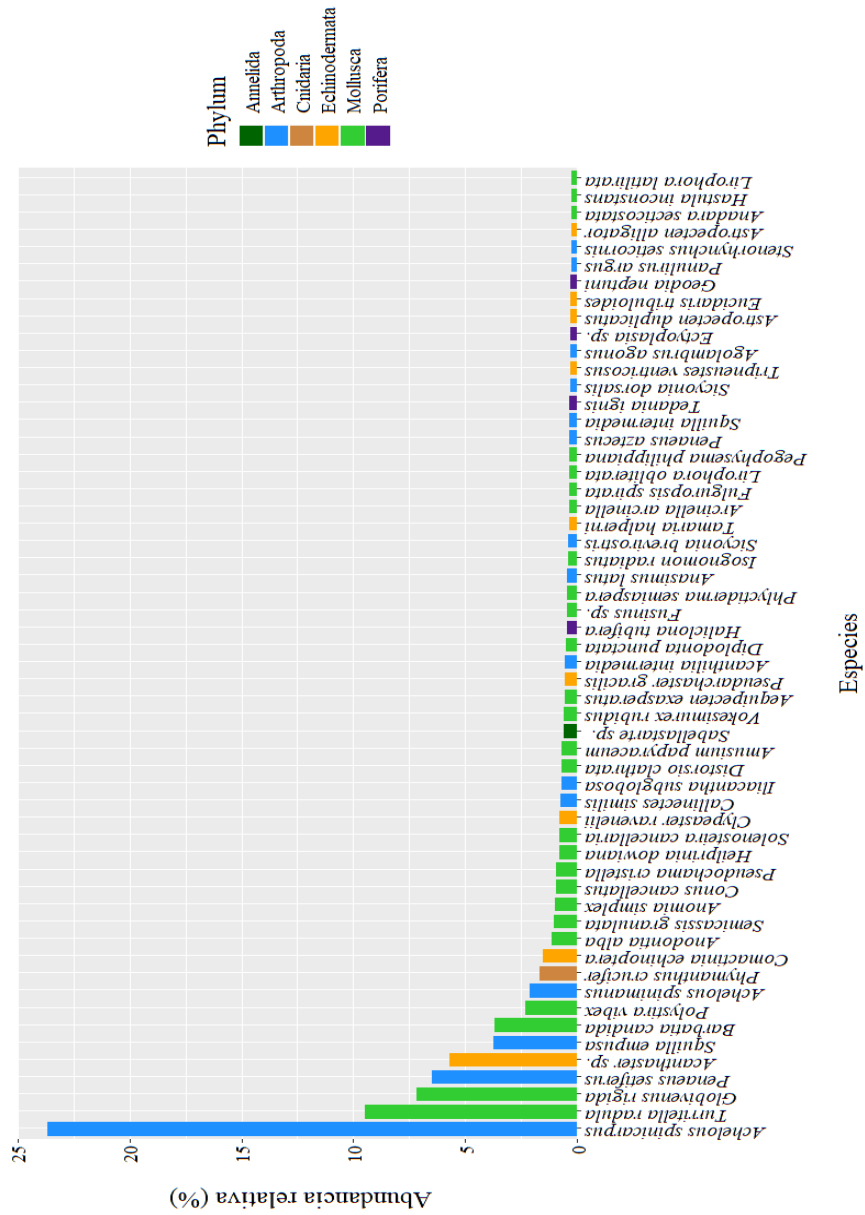


Figura 9.4. Conjunto de especies responsables del 90% de la abundancia total de la megafauna bentónica evaluada durante el crucero Gomex IV (GIV).

Tabla 9.13. Abundancia de individuos en 10³ ind km⁻² de la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán durante el crucero Gomex V (GV).

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Annelida	<i>Branchiomma sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	12.03	1.37	0.00	0.00	61.77	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Achelous floridanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Achelous ordwayi</i>	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Agolambrus agonus</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	0.58	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Agononida longipes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Amphithrax aculeatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Anasimus latus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.74	0.00	3.63	0.67	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Anisopagurus pygmaeus</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Areopaguristes hummi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Batrachonotus fragosus</i>	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Calappa sulcata</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes bocourti</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Cloridopsis dubia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Coryrhynchus riisei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Dardanus fucosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	2.02	2.22	0.00	0.71	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Dardanus insignis</i>	0.00	0.39	0.00	2.88	0.58	0.00	0.00	0.34	3.80	0.00	0.00	0.00	3.68	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Dardanus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	2.45	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Dardanus venosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Dyspanopeus sayi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Ericerodes gracilipes</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.58	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.31	0.41	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Eriphia gonagra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Glyptoplax smithii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Goreopagurus piercei</i>	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.09	0.00	0.73	0.00
Arthropoda	<i>Iliacantha subglobosa</i>	0.00	1.57	7.81	0.00	0.58	0.31	0.81	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
Arthropoda	<i>Libinia emarginata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Livoneca ovalis</i>	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Macrocoeloma camptocerum</i>	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Macrocoeloma trispinosum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Mithrax hispidus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Moreiradromia antillensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Munida iris</i>	0.00	0.00	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Munida irrasa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Omalacantha antillensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Osachila semilevis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Paguristes moorei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.13

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Arthropoda	<i>Pagurus longicarpus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pagurus politus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00	3.36	1.90	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pagurus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pagurus stimpsoni</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Palicus alternatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Panopeus herbstii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	4.07	0.00	0.00	0.34	6.65	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Panopeus occidentalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.00	0.00	0.00	5.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.58
Arthropoda	<i>Penaeus sp.</i>	0.00	0.00	1.25	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	5.32	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Periclimenes iridescens</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.60	0.69	0.71	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Petrochirus diogenes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Petrolisthes politus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00	0.00	0.00	2.86	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pilumnus floridanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pilumnus lacteus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Platylambrus granulatus</i>	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.85	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Porcellana sayana</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Porcellana sigsbeiana</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Portunus gibbesii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	1.58
Arthropoda	<i>Portunus sp.</i>	0.39	0.00	7.19	0.00	22.09	2.75	9.27	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	60.55	1.63	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Ranilia constricta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rhithropanopeus harrisii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rhithropanopeus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rimopenaeus constrictus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.63	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Scyllarides nodifer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.39
Arthropoda	<i>Scyllarus chacei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Scyramathia umbonata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia brevirostris</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	2.61	0.37	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	4.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.76
Arthropoda	<i>Sicyonia typica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Squilla sp.</i>	0.00	0.00	0.62	0.00	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Stenocionops furcatus</i>	0.39	0.79	3.75	0.00	6.39	3.98	2.82	1.35	0.00	8.93	0.00	0.31	1.64	0.00	0.37	0.00
Arthropoda	<i>Stenorhynchus seticornis</i>	0.00	0.00	0.00	4.79	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Tumidotheres maculatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Adeonellopsis subsulcata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Alcyonidium hauffi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Alcyonidium sp.</i>	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.63	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Flustra sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Hippopodina feegeensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Membranipora sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Reteporellina evelinae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.13

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Bryozoa	<i>Schizoporella</i> sp	0.00	1.97	0.94	59.93	6.39	1.84	0.00	0.00	0.32	58.40	6.87	2.45	0.00	1.63	0.37	0.00
Cnidaria	<i>Balanophyllia (Balanophyllia) floridana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Caryophyllia</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Cirripathes</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.61	0.00	0.67	0.63	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Cladocora debilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Coenocyathus</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Colangia</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Dendrogyra cylindrus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Dentitheca dendritica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Ellisella schmitti</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Ellisella</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Leptogorgia virgulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Macrorhynchia ramulosa</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	1.22	0.82	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Millepora alcicornis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Millepora squarrosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00
Cnidaria	<i>Nicella goreau</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Obelia dichotoma</i>	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Oculina varicosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Orbicella franksi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Palythoa grandis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pennaria disticha</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Phacelocyathus flos</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	1.58	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pseudoplexaura</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.34	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pterogorgia citrina</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pterogorgia</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Renilla reniformis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Rhizosmilia maculata</i>	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Sertularella diaphana</i>	0.00	0.00	0.31	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.93	0.24	0.00	0.00	0.00	9.13	2.76
Cnidaria	<i>Telmatactis</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Titanideum frauenfeldii</i>	0.00	0.79	0.00	0.48	0.58	0.00	0.00	0.00	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Anthenoides peircei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	0.00	0.34	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Araeosoma belli</i>	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Asteroporpa (Asteroporpa) annulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astrocnida isidis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten alligator</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten americanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	1.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	0.00	0.00	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Bathypsectinura heros</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Clypeaster chesheri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	1.01	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Clypeaster luetkeni</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.13

Phylum	Specie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Echinodermata	<i>Clypeaster prostratus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Clypeaster ravenelii</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Clypeaster</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Comactinia echinoptera</i>	0.00	0.79	2.19	0.00	0.00	4.90	0.00	15.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Echinaster spinulosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Genocidaris maculata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Goniaster</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria (Cystipus) cubana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria glaberrima</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.91	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Lophaster verrilli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	0.00	0.00	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00
Echinodermata	<i>Nymphaster arenatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18
Echinodermata	<i>Ophiacantha bidentata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiacantha echinulata</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.31	0.00	0.67	0.00	2.06	0.24	0.00	0.00	1.63	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiocamax fasciculata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00
Echinodermata	<i>Ophiocamax hystrix</i>	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiocreas lumbricus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophioderma cinerea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophioderma guttata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiomyxa tumida</i>	0.39	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiostriatus atlanticus</i>	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Oreaster reticulatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Paracaudina</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Pawsonaster parvus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Prionaster elegans</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Stylocidaris affinis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Tamaria halperni</i>	0.00	1.57	0.00	0.96	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00
Echinodermata	<i>Tethyaster vestitus</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Zoroaster fulgens</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Aequipecten exasperatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.58	2.45	0.81	0.34	12.67	2.75	2.60	0.31	9.41	0.00	0.37	0.00
Mollusca	<i>Agriopoma texasianum</i>	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Americoliva sayana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	0.00	0.39	0.94	0.00	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara notabilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara secticostata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.81	0.34	0.00	0.00	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara transversa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anodontia alba</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arca imbricata</i>	0.00	0.00	0.00	1.44	0.00	0.00	1.61	0.00	0.00	0.69	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arca zebra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	4.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Architectonica nobilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.13

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Mollusca	<i>Arcinella cornuta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Argopecten gibbus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Argopecten nucleus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Atrina serrata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Atys caribaeus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Barbatia candida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	0.00	0.32	1.37	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Botula fusca</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.02	0.00	0.47	0.00	94.09	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Busycoarctum coarctatum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.92	0.00	0.67	0.00	0.69	1.42	0.31	0.41	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Calliostoma adpersum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Calliostoma javanicum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Cancellaria reticulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Caribachlamys sentis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.34	0.00	32.98	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Caryocorbula swiftiana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chama congregata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.32	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chama macerophylla</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.58	0.00	0.00	0.67	0.32	0.00	1.66	2.14	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chama sarda</i>	0.00	0.00	0.00	1.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chama sinuosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chama sp</i>	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chicoreus florifer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chione cancellata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chioneryx pygmaea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Cinctura lilium</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	1.90	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conasprella delessertii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	2.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus ampliurgus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus anabathrum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus sennottorum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus sp</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus spurius</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Crucibulum auricula</i>	0.39	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.40	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Crucibulum planum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ctenoides mitis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ctenoides scaber</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Cyrenoida floridana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Dallocardia muricata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Distorsio clathrata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	2.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Distorsio perdistorta</i>	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Eudolium crosseanum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euspira catena</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euvola raveneli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.22	0.00	6.02	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
Mollusca	<i>Felimare picta</i>	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ficus ficus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.13

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Mollusca	<i>Fulvia laevigata</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	5.64	0.00	0.00	2.75	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Fusinus alcimus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Globivenus rigida</i>	0.00	1.18	0.00	0.48	12.21	0.00	3.63	0.34	0.00	61.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Graptacme eborea</i>	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Gregariella coralliophaga</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Heilprinia timessa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.31	1.23	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Heilprinia dowiana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Hipponix antiquatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	2.85	0.00	0.00	0.00	6.55	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Hipponix subrufus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Isognomon bicolor</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Isognomon radiatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Laciolina magna</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lamelliconcha circinata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Leiosolenus bisulcatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.66	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lima caribaea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lirophora obliterata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.68	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lithophaga nigra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lithopoma phoebium</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lobatus raninus</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	4.81	0.24	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lucina pensylvanica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Megapitaria maculata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Mercenaria campechiensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Monoplex nicobaricus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Mulinia lateralis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Octopus vulgaris</i>	0.00	0.00	0.00	1.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Oliva scripta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Onustus caribaeus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Onustus longleyi</i>	0.00	0.00	0.00	1.44	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ostrea stentina</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.69	0.24	0.00	1.64	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Parastarte triquetra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pecten sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Periglypta listeri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.53	3.44	0.00	0.00	6.14	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Petalocochus erectus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Petalocochus irregularis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00
Mollusca	<i>Phalium sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pinctada imbricata</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pitar arestus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pitar fulminatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	12.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Plicatula gibbosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pododesmus rudis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Polycera chilluna</i>	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	1.61	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.13

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Mollusca	<i>Polystira albida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Prunum apicinum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Prunum labiatum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Prunum sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	4.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Psammotella cruenta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pseudochama cristella</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pteria colymbus</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ranularia testudinaria</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.67	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Scaphella dubia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Scaphella junonia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Scissula similis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Semelina nuculoide</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Semicassis granulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Spathochlamys benedicti</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Spondylus americanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Spondylus tenuis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	0.40	0.00	0.00	0.69	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Strombus alatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.81	0.34	0.00	0.69	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Strombus pugilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tellinella listeri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tivela mactroides</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tonna galea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Transennella cubaniana</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Triphora sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tucetona pectinata</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Turbinella angulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Turritella radula</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Turritriton labiosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vermicularia knorrii</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex cabritii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	0.00	0.67	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex recurvirostris</i>	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex rubidus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.42	1.35	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Xenophora conchyliophora</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Adocia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas clathrodes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas wiedenmayeri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aiolochoxia crassa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.01	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aphysilla sp.</i>	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aphysina fistularis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aphysina fulva</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.13

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Porifera	<i>Arturia canariensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Callyspongia sp.</i>	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cinachyra sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.48	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Clathria (Clathria) burtoni</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cliona sp.</i>	0.00	0.00	0.00	7.67	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cliona varians</i>	0.00	0.00	0.00	5.27	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	2.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Craniella sp.</i>	0.00	0.00	0.94	0.96	0.58	0.00	0.00	0.67	0.00	2.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Diplastrella megastellata</i>	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Diplastrella sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00
Porifera	<i>Ectyoplasia ferox</i>	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.40	0.34	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Geodia neptuni</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Grantia sp.</i>	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Halichondria (Halichondria) bowerbanki</i>	0.78	0.00	0.00	0.00	1.74	0.31	0.00	0.00	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00
Porifera	<i>Halichondria sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Hymeniacion heliophila</i>	5.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00
Porifera	<i>Hymeniacion sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Iotrochota birotulata</i>	0.00	0.00	0.00	1.92	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	3.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Ircinia felix</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Ircinia strobilina</i>	0.00	0.00	0.31	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Lissodendoryx (Lissodendoryx) isodictyalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Lissodendoryx sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Monanchora arbuscula</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Mycale (Aegogropila) americana</i>	1.17	0.00	0.00	0.48	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Mycale sp.</i>	0.00	0.00	0.31	5.75	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00
Porifera	<i>Neopetrosia carbonaria</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Niphates erecta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Plakortis angulospiculatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	0.40	0.34	0.00	2.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Plakortis sp.</i>	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Ptilocaulis sp.</i>	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Siphonodictyon sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Strongylacidon sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Tedania sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Tetilla laminaris</i>	0.00	0.39	0.00	0.00	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Ulosa sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.33	0.73	0.00
Porifera	<i>Verongula rigida</i>	0.00	0.00	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

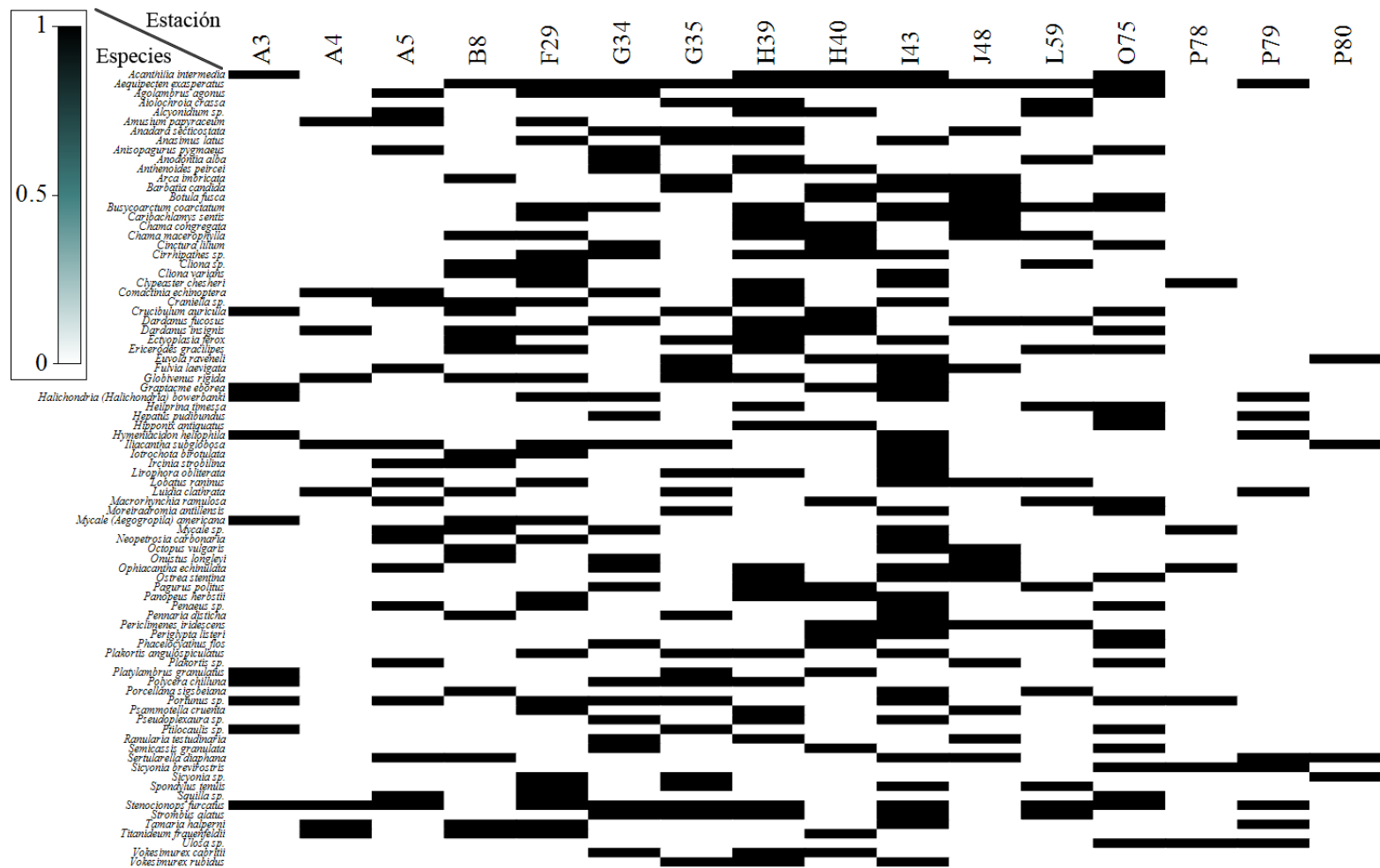


Figura 9.6. Especies capturadas durante el Crucero Gomex V (GV) que presentaron una distribución regional mayor al 12.5%.

Tabla 9.14. Biomasa de la comunidad megabentónica capturada en los márgenes externos de Yucatán durante el crucero Gomex (GIV). Los valores están en kg AFDW km⁻².

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
Annelida	<i>Bispira melanostigma</i>	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Annelida	<i>Nereis sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Annelida	<i>Sabellaria floridensis</i>	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Annelida	<i>Sabellastarte sp.</i>	0.10	0.00	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Annelida	<i>Salmacina huxleyi</i>	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.09	0.89	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	61.62	0.00	10.78	2.74	0.00	2.73	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	38.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45	0.00	0.00	2.16	0.00
Arthropoda	<i>Agolambrus agonus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Alpheus formosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Anasimus latus</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Batrachonotus fragosus</i>	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Calappa flammea</i>	0.00	0.00	0.00	4.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.58	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Calappa sulcata</i>	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes similis</i>	2.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	0.00
Arthropoda	<i>Dardanus insignis</i>	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Etisus maculatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Iliacantha subglobosa</i>	0.25	0.05	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Macrocoeloma camptocerum</i>	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Moreiradromia antillensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Neogonodactylus oerstedii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nibilia antilocapra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
Arthropoda	<i>Osachila tuberosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Panulirus argus</i>	12.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	133.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	44.27	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	1.02	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Percnon gibbesi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Platylambrus granulatus</i>	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Porcellana sayana</i>	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pyromaia cuspidata</i>	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Scyllarides nodifer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.24	0.00
Arthropoda	<i>Scyllarus americanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia brevirostris</i>	0.79	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia dorsalis</i>	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia typica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Squilla empusa</i>	0.88	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.27
Arthropoda	<i>Squilla intermedia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Stenorhynchus seticornis</i>	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.04	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Alcyonidium hauffi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Alcyonidium sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.14

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
Bryozoa	<i>Membranipora sp.</i>	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chordata	<i>Ascidia interrupta</i>	0.00	0.00	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Caryophyllia sp.</i>	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Cereus sp.</i>	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Exaiptasia diaphana</i>	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Gymnangium speciosum</i>	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Macrorhynchia ramulosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Millepora alcicornis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Millepora complanata</i>	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Millepora squarrosa</i>	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Phymanthus crucifer</i>	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.63	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00
Cnidaria	<i>Pseudoplexaura sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pterogorgia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Ralpharia gorgoniae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Stylaster roseus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Tanacetipathes hirta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Acanthaster sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Anthenoides peircei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.39	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
Echinodermata	<i>Astrocnida isidis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten alligator</i>	0.02	0.39	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Cheiraster sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00
Echinodermata	<i>Chypeaster ravenelii</i>	0.00	0.90	0.44	0.23	0.00	0.00	2.84	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.10	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Comactinia echinoptera</i>	0.00	0.05	0.04	0.00	0.03	0.37	0.00	0.34	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Encope michelini</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Eucidaris tribuloides</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.03	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Goniaster tessellatus</i>	0.00	0.00	0.00	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria occidentalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Linckia guildingi</i>	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Luidia lawrencei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00
Echinodermata	<i>Luidia senegalensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
Echinodermata	<i>Lytechinus variegatus</i>	0.00	0.10	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Narcissia trigonaria</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Nymphaster arenatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiacantha echinulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiomyxa tumida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Persephonaster patagiatus</i>	0.00	0.00	0.36	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Pseudarchaster gracilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27	2.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Stylocidaris affinis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Stylocidaris lineata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00
Echinodermata	<i>Tamaria halperni</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.00

Continuación tabla 9.14

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
Echinodermata	<i>Tripneustes ventricosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.25	0.00
Mollusca	<i>Aequipecten exasperatus</i>	0.00	0.00	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara notabilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara secticostata</i>	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anodontia alba</i>	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anomia simplex</i>	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arca zebra</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Architectonica nobilis</i>	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arcinella</i>	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arcinella cornuta</i>	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Argopecten gibbus</i>	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Mollusca	<i>Barbatia candida</i>	0.00	0.00	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Caecum sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Callucina keenae</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Cinctura lilium</i>	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Cinguloterebra floridana</i>	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus cancellatus</i>	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Crucibulum planum</i>	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Cyrenoida floridana</i>	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Diplodonta punctata</i>	0.01	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Distorsio clathrata</i>	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euvola raveneli</i>	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Fugleria tenera</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Fulguroopsis spirata</i>	0.00	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Fulvia laevigata</i>	0.14	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Mollusca	<i>Fusinus sp.</i>	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Gemmula periscelida</i>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Globivenus rigida</i>	0.00	0.00	4.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Gutturnium muricinum</i>	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Hastula inconstans</i>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Heilprinia dowiana</i>	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Isognomon radiatus</i>	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Linatella cauda</i>	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lirophora latilirata</i>	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lirophora obliterated</i>	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Nodipecten nodosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Octopus vulgaris</i>	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pegophysema philippiana</i>	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Periglypta listeri</i>	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Phlyctiderma semiaspera</i>	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Plicatula gibbosa</i>	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuacion tabla 9.14

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
Mollusca	<i>Polystira vibex</i>	0.00	0.00	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Psammotella cruenta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Psammotreta brevifrons</i>	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pseudochama cristella</i>	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Semicassis granulata</i>	0.00	0.00	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Septa rubecula</i>	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Solenosteira cancellaria</i>	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Spondylus tenuis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tivela mactroides</i>	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tonna galea</i>	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Turritella radula</i>	0.00	0.00	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vermicularia knorrii</i>	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vermicularia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex cabritii</i>	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex recurvirostris</i>	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex rubidus</i>	0.00	0.00	0.21	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas clathrodes</i>	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas conifera</i>	0.00	0.00	0.00	1.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas sp.</i>	3.28	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas wiedenmayeri</i>	0.97	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Amphimedon compressa</i>	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aplysina fistularis</i>	0.71	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aplysina fulva</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Calyx podatypa</i>	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cervicornia cuspidifera</i>	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cliona sp.</i>	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cliona varians</i>	0.00	0.00	0.00	9.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00
Porifera	<i>Diplastrella megastellata</i>	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.04	0.23
Porifera	<i>Ectyoplasia ferox</i>	0.19	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Porifera	<i>Ectyoplasia sp.</i>	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Geodia neptuni</i>	1.48	0.00	0.00	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Haliclona tubifera</i>	0.00	0.00	0.00	1.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Iotrochota birotulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Monanchora arbuscula</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Mycale laxissima</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Myxilla sp.</i>	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Neopetrosia carbonaria</i>	0.00	0.00	0.00	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Niphates erecta</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Plakortis angulospiculatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.14	0.00
Porifera	<i>Scopalina ruetzleri</i>	0.29	0.02	0.00	1.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Sphaciospongia vesparium</i>	0.00	0.00	0.00	2.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Tedania ignis</i>	1.01	0.03	0.00	0.05	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.14

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	L59	M63	O75	P78	P79	P80
Sipuncula	<i>Sipunculus nudus</i>	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

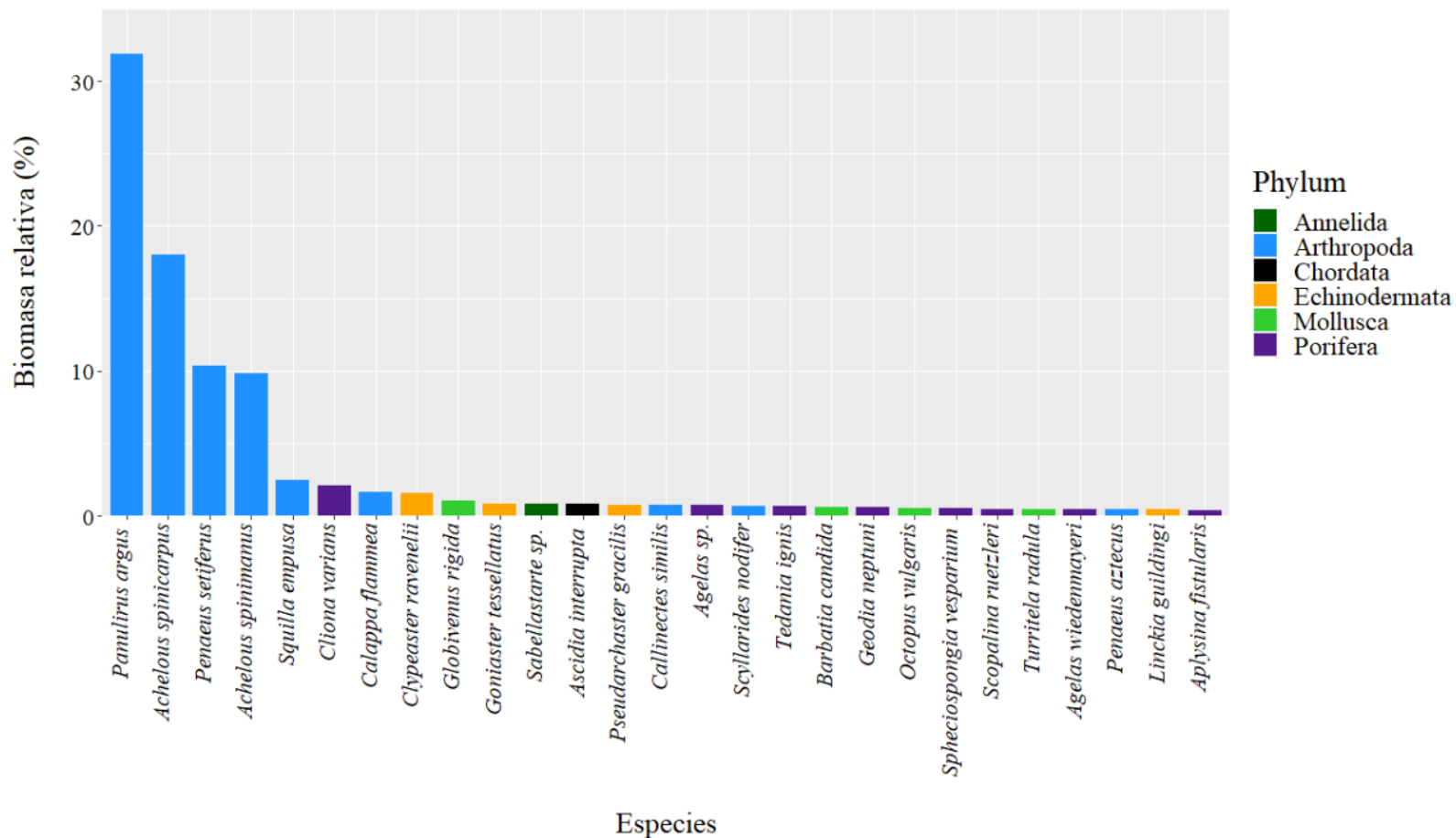


Figura 9.7. Biomasa relativa de las Especies que representaron el 90% de la biomasa del total capturado durante el crucero GIV.

Tabla 9.15. Biomasa de la megafauna bentónica capturada en los márgenes externos de la plataforma de Yucatán durante el crucero Gomex V (GV). Los valores se encuentran en kg AFDW km⁻².

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Annelida	<i>Branchioma sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	15.30	0.80	0.00	0.00	56.31	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Achelous floridanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Achelous ordwayi</i>	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.98	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Agolambrus agonus</i>	0.00	0.00	0.12	0.00	0.04	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.06	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Agononida longipes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Amphithrax aculeatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Anasimus latus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	1.41	0.03	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Anisopagurus pygmaeus</i>	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Areopaguristes hummi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Batrachonotus fragosus</i>	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Calappa sulcata</i>	0.00	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes bocourti</i>	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Cloridopsis dubia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Coryrhynchus riisei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Dardanus fucosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	0.00	0.85	4.10	0.00	1.56	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Dardanus insignis</i>	0.00	0.08	0.00	37.97	5.77	0.00	0.00	1.42	1.16	0.00	0.00	0.00	6.14	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Dardanus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Dardanus venosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Dyspanopeus sayi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Ericerodes gracilipes</i>	0.00	0.00	0.00	0.03	0.14	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Eriphia gonagra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Glyptoplax smithii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Goreopagurus piercei</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.17	0.00	0.85	0.00
Arthropoda	<i>Iliacantha subglobosa</i>	0.00	0.34	2.25	0.00	0.13	0.03	0.34	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
Arthropoda	<i>Libinia emarginata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Livoneca ovalis</i>	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Macrocoeloma camptocerum</i>	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Macrocoeloma trispinosum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Mithrax hispidus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	2.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Moreiradromia antillensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Munida iris</i>	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Munida irrasa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Omalacantha antillensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Osachila semilevis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Paguristes moorei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pagurus diogenes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pagurus longicarpus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.15

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Arthropoda	<i>Pagurus politus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.45	0.32	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pagurus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pagurus stimpsoni</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Palicus alternatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Panopeus herbstii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.09	4.79	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Panopeus occidentalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.00	0.00	0.00	9.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20
Arthropoda	<i>Penaeus sp.</i>	0.00	0.00	0.45	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	1.41	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Periclimenes iridescens</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.90	0.52	4.59	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Petrochirus diogenes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Petrolisthes politus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	1.62	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pilumnus floridanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pilumnus lacteus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Platylambrus granulatus</i>	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.24	0.00	4.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Porcellana sayana</i>	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Porcellana sigsbeiana</i>	0.00	0.00	0.00	17.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	0.00	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Portunus gibbesii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.57
Arthropoda	<i>Portunus sp.</i>	0.03	0.00	0.84	0.00	32.02	1.51	9.48	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	32.99	0.36	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Ranilia constricta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rhithropanopeus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rimopenaeus constrictus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Scyllarides nodifer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.79	0.00	0.26
Arthropoda	<i>Scyllarus chacei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Scyramathia umbonata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia brevirostris</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.86	0.08	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	5.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.58
Arthropoda	<i>Sicyonia typica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Squilla sp.</i>	0.00	0.00	1.16	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Stenocionops furcatus</i>	0.01	0.16	0.84	0.00	0.96	1.62	0.79	0.44	0.00	1.43	0.00	0.01	0.68	0.00	0.02	0.00
Arthropoda	<i>Stenorhynchus seticornis</i>	0.00	0.00	0.00	34.40	0.00	0.00	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Tumidotheres maculatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Adeonellopsis subsulcata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Alcyonidium hauffi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Alcyonidium sp.</i>	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.12	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Flustra sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Hippopodina feegeensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Membranipora sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Bryozoa	<i>Reteporellina evelinae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.15

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Bryozoa	<i>Schizoporella sp.</i>	0.00	0.20	0.18	63.89	1.32	0.25	0.00	0.00	0.03	116.02	14.61	29.20	0.00	7.98	0.64	0.00
Cnidaria	<i>Balanophyllia (Balanophyllia) floridana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Caryophyllia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Cirrhopathes sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.07	0.00	0.68	0.02	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Cladocora debilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Coenocythus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Colangia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Dendrogyra cylindrus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Dentitheca dendritica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Ellisella schmitti</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Ellisella sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Leptogorgia virgulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Macrorhynchia ramulosa</i>	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05	0.00	0.00	13.32	0.13	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Millepora alcicornis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Millepora squarrosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00
Cnidaria	<i>Nicella goreau</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.74	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Obelia dichotoma</i>	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Oculina varicosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Orbicella franki</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Palythoa grandis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pennaria disticha</i>	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Phacelocyathus flos</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	3.04	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pseudoplexaura sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.57	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pterogorgia citrina</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pterogorgia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Renilla reniformis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Rhizosmilia maculata</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Sertularella diaphana</i>	0.00	0.00	0.06	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.86	0.06	0.00	0.00	0.00	8.89	1.21
Cnidaria	<i>Telmatactis sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Titanideum frauenfeldii</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Anthenoides peircei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.78	0.00	0.41	3.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Araeosoma belli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Asteroporpa (Asteroporpa) annulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astrocnida isidis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten alligator</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten americanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Bathypectinura heros</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Clypeaster chesheri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	2.63	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Clypeaster luetkeni</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Clypeaster prostratus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.15

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Echinodermata	<i>Clypeaster ravenelii</i>	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	12.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Clypeaster sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Comactinia echinoptera</i>	0.00	0.08	0.23	0.00	0.00	1.78	0.00	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Echinaster spinulosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Genocidaris maculata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Goniaster sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria (Cystipus) cubana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria glaberrima</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Lophaster verrilli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.43	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	0.00	0.00	0.00	15.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28	0.00
Echinodermata	<i>Nymphaster arenatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.89
Echinodermata	<i>Ophiacantha bidentata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiacantha echinulata</i>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiocamax fasciculata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Echinodermata	<i>Ophiocamax hystrix</i>	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiocreas lumbricus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophioderma cinerea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophioderma guttata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiomyxa tumida</i>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiostriatius atlanticus</i>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Oreaster reticulatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Paracaudina sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Pawsonaster parvus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Prionaster elegans</i>	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Stylocidaris affinis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Tamaria halperni</i>	0.00	1.06	0.00	0.10	3.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00
Echinodermata	<i>Tethyaster vestitus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Zoroaster fulgens</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Aequipecten exasperatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.33	0.18	0.06	2.01	0.23	0.02	0.12	1.54	0.00	0.07	0.00
Mollusca	<i>Agriopoma texasianum</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Americoliva sayana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	0.00	0.21	0.15	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara notabilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara secticostata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.81	0.19	0.00	0.00	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara transversa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anodontia alba</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arca imbricata</i>	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arca zebra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	4.74	0.00	3.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Architectonica nobilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arcinella cornuta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Argopecten gibbus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	10.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.15

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Mollusca	<i>Argopecten nucleus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Atrina serrata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Atys caribaeus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Barbatia candida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.00	0.01	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Botula fusca</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.01	0.00	29.60	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Busycoarctum coarctatum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	1.09	0.00	1.23	0.00	14.36	3.87	0.43	0.40	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Calliostoma adpersum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Calliostoma javanicum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Cancellaria reticulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Caribachlamys sentis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.12	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Caryocorbula swiftiana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chama congregata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chama macerophylla</i>	0.00	0.00	0.00	0.17	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.07	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chama sarda</i>	0.00	0.00	0.00	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chama sinuosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chama sp.</i>	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chicoreus florifer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	1.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chione cancellata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Chioneryx pygmaea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Cinctura lilium</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	1.34	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conasprella delessertii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus amphirugus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus anabathrum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus sennottorum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus spurius</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Crucibulum auricula</i>	0.03	0.00	0.00	1.61	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Crucibulum planum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ctenoides mitis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ctenoides scaber</i>	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Cyrenoida floridana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Dallocardia muricata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Distorsio clathrata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Distorsio perdistorta</i>	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Eudolium crosseanum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euspira catena</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euvola raveneli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.74	1.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
Mollusca	<i>Felimare picta</i>	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ficus ficus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Fulvia laevigata</i>	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	1.62	0.00	0.00	0.29	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Fusinus alcinus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Globivenus rigida</i>	0.00	0.09	0.00	2.87	0.89	0.00	0.30	0.01	0.00	5.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.15

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Mollusca	<i>Graptacme eborea</i>	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Gregariella coralliophaga</i>	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Heilprinia timessa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.04	1.40	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Heilprinia dowiana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Hipponix antiquatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Hipponix subrufus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Isognomon bicolor</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Isognomon radiatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Laciolina magna</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lamelliconcha circinata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Leiosolenus bisulcatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lima caribaea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lirophora oblitterata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.03	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lithophaga nigra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lithopoma phoebium</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lobatus raninus</i>	0.00	0.00	0.03	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	12.32	6.04	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Lucina pensylvanica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Megapitaria maculata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Mercenaria campechiensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Monoplex nicobaricus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Mulinia lateralis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Octopus vulgaris</i>	0.00	0.00	0.00	52.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.44	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Oliva scripta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Onustus caribaeus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Onustus longleyi</i>	0.00	0.00	0.00	62.29	0.00	2.17	0.00	0.00	0.00	0.00	23.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ostrea stentina</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.08	0.44	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Parastarte triquetra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pecten sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Periglypta listeri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.97	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Petalonchus erectus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Petalonchus irregularis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00
Mollusca	<i>Phalium sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pinctada imbricata</i>	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pitar arestus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pitar fulminatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	9.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Plicatula gibbosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pododesmus rudis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Polycera chilluna</i>	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.81	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Polystira albida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Prunum apicinum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Prunum labiatum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Prunum sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	5.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.15

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Mollusca	<i>Psammotella cruenta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pseudochama cristella</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Pteria colymbus</i>	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Ranularia testudinaria</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.48	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Scaphella dubia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Scaphella junonia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Scissula similis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Semelina nuculoide</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Semicassis granulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Spathochlamys benedicti</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Spondylus americanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Spondylus tenuis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.17	0.00	0.00	9.12	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Strombus alatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.13	1.41	1.14	0.00	1.12	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Strombus pugilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tellinella listeri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tivela mactroides</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tonna galea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Transennella cubaniana</i>	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Triphora sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Tucetona pectinata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Turbinella angulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Turritella radula</i>	0.00	0.00	0.00	6.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Turritriton labiosus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vermicularia knorrii</i>	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex cabritii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.23	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex recurvirostris</i>	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Vokesimurex rubidus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	0.37	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Xenophora conchyliophora</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Adocia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas clathrodes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Agelas wiedenmayeri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aiolochoxia crassa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.53	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aplysilla sp.</i>	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aplysina fistularis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Aplysina fulva</i>	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Arturia canariensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Callyspongia sp.</i>	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cinachyra sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.20	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Clathria (Clathria) burtoni</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cliona sp.</i>	0.00	0.00	0.00	60.40	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Cliona varians</i>	0.00	0.00	0.00	4.46	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.15

Phylum	Especie	A3	A4	A5	B8	F29	G34	G35	H39	H40	I43	J48	L59	O75	P78	P79	P80
Porifera	<i>Craniella sp.</i>	0.00	0.00	0.24	0.26	0.08	0.00	0.00	0.59	0.00	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Diplastrella megastellata</i>	0.00	0.00	0.00	10.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Diplastrella sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00
Porifera	<i>Ectyoplasia ferox</i>	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00	0.00	0.36	0.04	0.00	22.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Geodia neptuni</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Grantia sp.</i>	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Halichondria (Halichondria) bowerbanki</i>	2.33	0.00	0.00	0.00	1.16	0.14	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
Porifera	<i>Halichondria sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Hymeniacion heliophila</i>	6.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00
Porifera	<i>Hymeniacion sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Iotrochota birotulata</i>	0.00	0.00	0.00	5.52	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	55.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Ircinia felix</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Ircinia strobilina</i>	0.00	0.00	13.92	24.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Lissodendoryx (Lissodendoryx) isodictyalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Lissodendoryx sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Monanchora arbuscula</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Mycale (Aegogropila) americana</i>	1.81	0.00	0.00	0.65	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Mycale sp.</i>	0.00	0.00	0.05	5.85	0.00	8.61	0.00	0.00	0.00	4.02	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	0.00
Porifera	<i>Neopetrosia carbonaria</i>	0.00	0.00	0.03	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	5.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Niphates erecta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Plakortis angulospiculatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	10.23	0.00	0.09	43.82	0.00	29.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Plakortis sp.</i>	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Ptilocaulis sp.</i>	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Siphonodictyon sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Strongylacion sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Tedania sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Tetilla laminaris</i>	0.00	0.42	0.00	0.00	5.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porifera	<i>Ulosa sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.25	0.10	0.00
Porifera	<i>Verongula rigida</i>	0.00	0.00	0.00	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

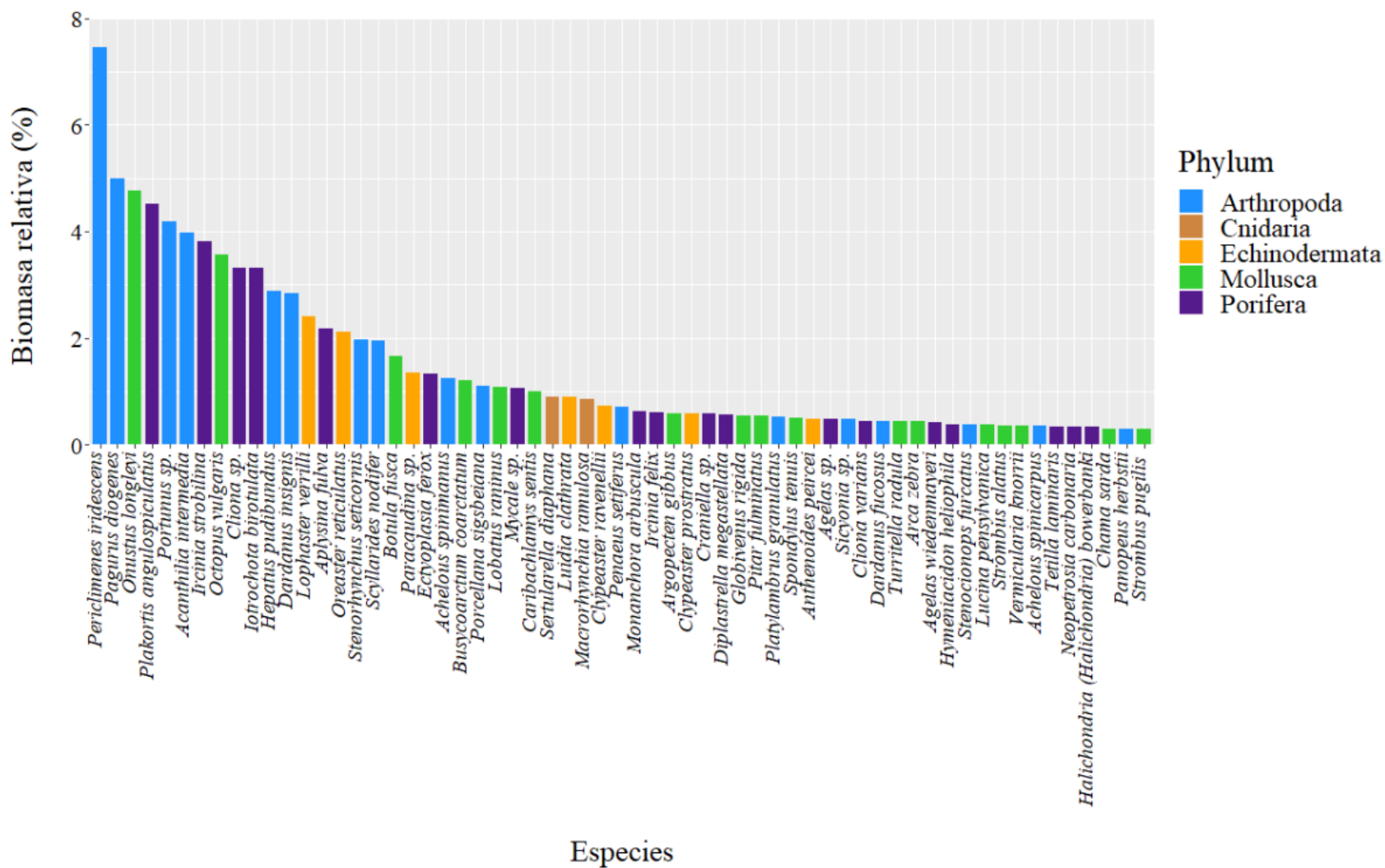


Figura 9.8. Biomasa relativa de las Especies capturadas durante el crucero oceanográfico Gomex V (GV) que contribuyeron con el 90% de la biomasa total.

Tabla 9.16. Abundancia de megafauna bentónica del Cinturón Plegado Perdido (CPP) capturada durante el crucero Perdido II (PII). Los valores se encuentran en 10³ ind km⁻².

Phylum	Especie	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3	F1	F2
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.10	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	0.17	0.20	0.00	0.05	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	2.59
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00
Arthropoda	<i>Agolambrus agonus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
Arthropoda	<i>Agononida longipes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Anasimus latus</i>	0.00	0.15	0.00	0.21	0.00	0.00	0.08	0.00	0.10	0.13
Arthropoda	<i>Calappa sulcata</i>	0.00	0.00	0.19	0.16	0.00	0.14	0.10	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes danae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes sapidus</i>	27.91	0.28	2.57	0.00	0.00	25.20	0.00	0.00	0.73	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes similis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.79	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Cancellus ornatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.16	0.15	0.00	0.00	3.21	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Meiosquilla quadridens</i>	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Meiosquilla schmitti</i>	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Mesopenaeus tropicalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Munida valida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nanoplax xanthiformis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nephropsis aculeata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nephropsis rosea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pagurus longicarpus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
Arthropoda	<i>Parapenaeus politus</i>	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	1.30	0.65	2.43	0.16	0.00	1.56	0.70	0.00	0.09	2.40
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Plesionika edwardsii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Polycheles typhlops</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Raninoides laevis</i>	0.17	0.79	0.00	0.05	0.00	0.00	0.08	0.00	0.09	4.35
Arthropoda	<i>Raymanninus schmitti</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rimapenaeus constrictus</i>	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rochinia tameri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia brevirostris</i>	0.17	0.00	0.14	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.10	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia typica</i>	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Solenocera atlantidis</i>	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.13
Arthropoda	<i>Squilla empusa</i>	0.28	0.10	0.00	0.00	0.00	0.16	0.30	0.00	0.00	0.19
Cnidaria	<i>Anthopleura krebsi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pennaria disticha</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Amphiophiura oedignatha</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Araeosoma belli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Arbacia punctulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	1.13	0.79	0.00	37.94	0.00	1.71	4.53	0.00	0.00	13.30
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	3.33	0.00	0.43	0.00	0.00	4.73	0.00	0.00	3.65	0.06
Echinodermata	<i>Bathylotes natans</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Chiridota rotifera</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria floridana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.08	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Mesothuria rugosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Mesothuria verrilli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Molpadia cubana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Molpadia musculus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Molpadia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.04	0.00
Echinodermata	<i>Ophiactis quinqueradia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiernus adpersus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
Echinodermata	<i>Ophiomyxa tumida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Prionaster elegans</i>	0.00	0.00	5.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Pseudostichopus occultatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
Mollusca	<i>Aequipecten muscosus</i>	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Amygdalum politum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara secernenda</i>	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.06
Mollusca	<i>Anomia simplex</i>	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Bolitaena sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.16

Phylum	Especie	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3	F1	F2
Mollusca	<i>Busycoarctum coarctatum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus regius</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00
Mollusca	<i>Conus stimpsoni</i>	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Eudolium crosseanum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	0.06	0.00	0.10	0.16	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	1.69
Mollusca	<i>Mercenaria campechiensis</i>	0.28	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	2.53
Mollusca	<i>Polygona infundibulum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00
Mollusca	<i>Polymesoda floridana</i>	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Polystira tellea</i>	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	2.25
Mollusca	<i>Polystira vibex</i>	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Propeamussium dalli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00
Mollusca	<i>Psammotreta brevifrons</i>	0.17	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Sconsia grayi</i>	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.84
Porifera	<i>Aplysina fulva</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00

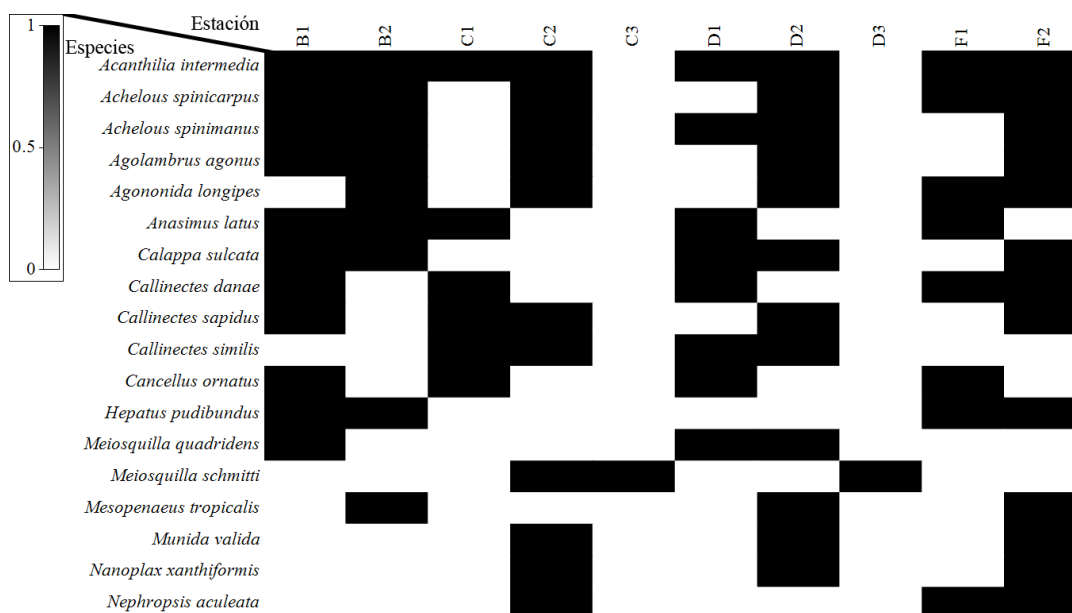


Figura 9.9. Especies capturadas durante el Crucero Perdido II que presentaron una distribución regional mayor al 30%.

Tabla 9.17. Abundancia de la comunidad megabentónica capturada en el Cinturón Plegado Perdido (CPP), durante el cruceo oceanográfico Perdido III (PIII). Los valores se encuentran en 10³ ind km⁻²

Phylum	Especie	B1	B2	C1	C3	D1	D2	D3	F1	F2
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.25	0.00
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	1.22	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.10
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Anasimus latus</i>	0.11	0.00	0.20	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Calappa sulcata</i>	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes sapidus</i>	0.74	0.00	1.42	0.00	1.84	0.00	0.00	0.60	0.00
Arthropoda	<i>Cancellus ornatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Munida pusilla</i>	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nephropsis aculeata</i>	0.00	0.00	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nibilia antilocapra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Ovalipes ocellatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.05
Arthropoda	<i>Platylambrus granulatus</i>	0.74	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	4.35	0.00	2.21	0.00	2.09	0.92	0.00	4.90	1.34
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.00	0.00	0.00	4.27	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Petrochirus diogenes</i>	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pleoticus robustus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Coryrhynchus riisei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.10	0.00
Arthropoda	<i>Porcellana sigsbeiana</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pyromaia cuspidata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Arthropoda	<i>Raninoides laevis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.28	0.00	0.30	1.01
Arthropoda	<i>Rochinia tanneri</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia brevirostris</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia dorsalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia typica</i>	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Solenocera atlantidis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	2.10	0.14
Arthropoda	<i>Solenocera vioscai</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	0.05
Arthropoda	<i>Squilla chydadea</i>	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00
Arthropoda	<i>Squilla empusa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.16	0.00	1.75	0.43
Arthropoda	<i>Tetrixanthus rathbunae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Cnidaria	<i>Pennaria disticha</i>	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Amphiophiura oedignatha</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Anthenoides peircei</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Araeosoma belli</i>	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Araeosoma fenestratum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten alligator</i>	1.64	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	41.20	4.05	0.05	1.92
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	5.88	0.00	0.10	0.00	4.74	0.00	0.00	15.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten sp.</i>	0.00	0.00	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Bathyplotes natans</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Isostichopus badionotus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Molpadia cubana</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Molpadia musculus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Nymphaster arenatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophioderma appressa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00
Echinodermata	<i>Ophiostratus atlanticus</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Pseudostichopus occullatus</i>	0.00	0.00	0.05	0.24	0.05	0.64	0.00	0.00	0.05
Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.38
Mollusca	<i>Anomia simplex</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00
Mollusca	<i>Architectonica nobilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
Mollusca	<i>Arcopagia fausta</i>	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arcuatula papyria</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Argopecten gibbus</i>	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Barbatia candida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Solenosteira cancellaria</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
Mollusca	<i>Cinguloterebra floridana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00
Mollusca	<i>Conus cancellatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00
Mollusca	<i>Copulabyssia leptalea</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.17

Phylum	Especie	B1	B2	C1	C3	D1	D2	D3	F1	F2
Mollusca	<i>Glyphostoma gratula</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00
Mollusca	<i>Mercenaria campechiensis</i>	0.21	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.75	4.32
Mollusca	<i>Pinna carnea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Mollusca	<i>Polystira tellea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.09	0.10	0.29
Mollusca	<i>Propeamussium dalli</i>	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Psammotreta brevifrons</i>	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.50	0.00
Mollusca	<i>Semicassis granulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	1.15
Mollusca	<i>Triplofusus giganteus</i>	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Figura 9.10. Especies capturadas durante el Crucero Perdido III (PIII) que presentaron una distribución regional mayor al 22%.

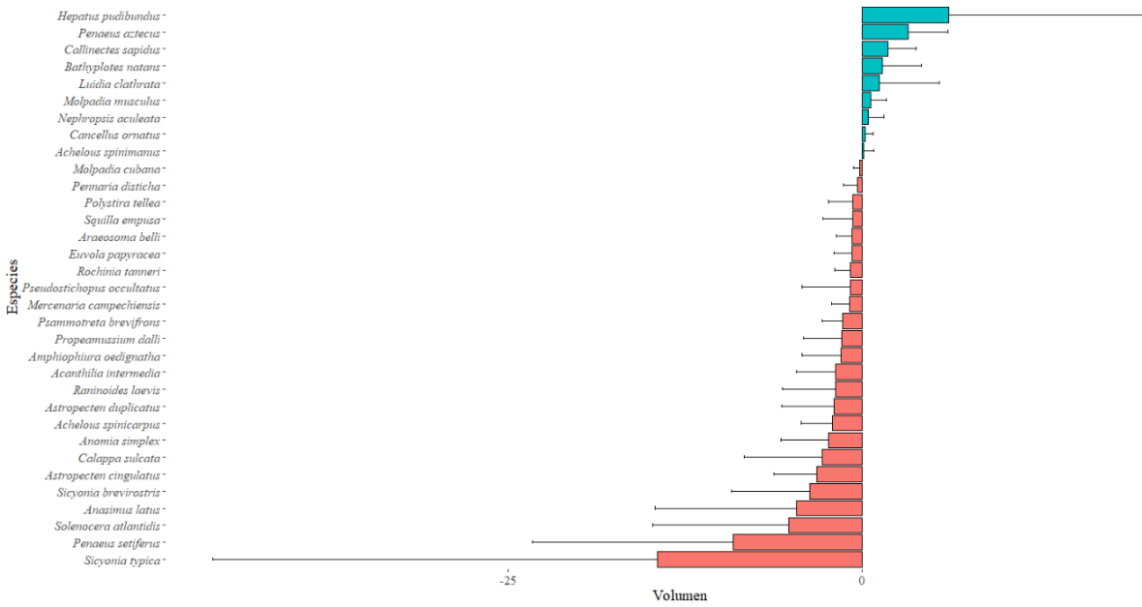


Figura 9.11. Cambio de volumen promedio entre las evaluaciones Perdido II (PII) y Perdido III (PIII). Los valores positivos indican el crecimiento entre evaluaciones y los negativos indican presencia de juveniles o reclutas entre evaluaciones.

Tabla 9.18. Biomasa de la megafauna bentónica capturada en el Cinturón Plegado Perdido durante el crucero Perdido II (PII). Los valores se encuentran en kg AFDW km⁻².

Phylum	Especie	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3	F1	F2
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.26	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	0.79	1.19	0.00	0.29	0.00	0.00	1.94	0.00	0.00	4.26
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00
Arthropoda	<i>Agolambrus agonus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
Arthropoda	<i>Agononida longipes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Anasimus latus</i>	0.00	1.64	0.00	0.29	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.18
Arthropoda	<i>Calappa sulcata</i>	0.00	0.00	2.74	5.00	0.00	5.57	1.28	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes danae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes sapidus</i>	70.10	3.10	42.40	0.00	0.00	74.72	0.00	0.00	1.95	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes similis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Cancellus ornatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.42	0.46	0.00	0.00	7.75	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	4.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Meiosquilla quadridens</i>	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Meiosquilla schmitti</i>	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Mesopenaeus tropicalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Munida valida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nanoplax xanthiformis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nephropsis aculeata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nephropsis rosea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pagurus longicarpus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55
Arthropoda	<i>Parapenaeus politus</i>	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	6.52	6.70	7.30	0.42	0.00	4.55	2.35	0.00	0.14	14.55
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Plesionika edwardsii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Polycheles typhlops</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Raninoides laevis</i>	0.63	1.76	0.00	0.08	0.00	0.00	1.03	0.00	0.04	4.90
Arthropoda	<i>Raymanninus schmitti</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rimapenaeus constrictus</i>	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Rochinia tanneri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia brevirostris</i>	0.58	0.00	0.08	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00	0.01	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia typica</i>	0.00	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
Arthropoda	<i>Solenocera atlantidis</i>	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00	0.14
Arthropoda	<i>Squilla empusa</i>	0.29	0.40	0.00	0.00	0.00	0.37	0.74	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Anthopleura krebsi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.06	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pennaria disticha</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Amphiphiura oedignatha</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	4.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Araeosoma belli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Arbacia punctulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	1.39	0.52	0.00	33.60	0.00	1.43	4.71	0.00	0.00	12.54
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	0.36	0.00	0.32	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.44	0.12
Echinodermata	<i>Bathypotes natans</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Chiridota rotifera</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria floridana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	0.00	0.89	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Mesothuria rugosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Mesothuria verrilli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Molpadia cubana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Molpadia musculus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.41	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Molpadia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiactis quinqueradia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophiernus adpersus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
Echinodermata	<i>Ophiomyxa tumida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Prionaster elegans</i>	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Pseudostichopus occultatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
Mollusca	<i>Aequipecten muscosus</i>	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25
Mollusca	<i>Amygdalum politum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Anadara secernenda</i>	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.17
Mollusca	<i>Anomia simplex</i>	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Bolitaena sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00

Continuación tabla 9.18

Phylum	Especie	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3	F1	F2
Mollusca	<i>Busycoarctum coarctatum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Conus regius</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00
Mollusca	<i>Conus stimpsoni</i>	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Eudolium crosseanum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	0.02	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	1.03	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Mercenaria campechiensis</i>	0.79	3.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	2.47
Mollusca	<i>Polygona infundibulum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
Mollusca	<i>Polymesoda floridana</i>	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Polystira tellea</i>	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	7.00
Mollusca	<i>Polystira vibex</i>	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Propeamussium dalli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00
Mollusca	<i>Psammotreta brevifrons</i>	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Sconsia grayi</i>	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	6.03
Porifera	<i>Aplysina fulva</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	0.00

Tabla 9.19. Biomasa de la megafauna bentónica del Cinturón Plegado Perdido (CPP) capturada durante el crucero Perdido III (PIII) . Los valores están en kg AFDW km⁻².

Phylum	Especie	B1	B2	C1	C3	D1	D2	D3	F1	F2
Arthropoda	<i>Acanthilia intermedia</i>	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.28	0.00
Arthropoda	<i>Achelous spinicarpus</i>	1.02	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.11
Arthropoda	<i>Achelous spinimanus</i>	0.08	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Anasimus latus</i>	0.03	0.00	0.06	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Calappa sulcata</i>	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Callinectes sapidus</i>	1.67	0.00	8.38	0.00	5.05	0.00	0.00	1.79	0.00
Arthropoda	<i>Cancellus ornatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Hepatus pudibundus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.42	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Munida pusilla</i>	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nephropsis aculeata</i>	0.00	0.00	0.00	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Nibilia antilocapra</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Ovalipes ocellatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.06
Arthropoda	<i>Platylambrus granulatus</i>	0.11	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus aztecus</i>	13.83	0.00	10.14	0.00	7.34	7.60	0.00	8.09	9.50
Arthropoda	<i>Penaeus setiferus</i>	0.00	0.00	0.00	7.14	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Penaeus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Petrochirus diogenes</i>	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pleoticus robustus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Coryrhynchus riisei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
Arthropoda	<i>Porcellana sigsbeiana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Pyromaia cuspidata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
Arthropoda	<i>Raninoides laevis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.41	0.00	0.08	1.21
Arthropoda	<i>Rochinia tanneri</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia brevisrostris</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia dorsalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Arthropoda	<i>Sicyonia typica</i>	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arthropoda	<i>Solenocera atlantidis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.36	0.10
Arthropoda	<i>Solenocera vioscai</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	0.02
Arthropoda	<i>Squilla chydrea</i>	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00
Arthropoda	<i>Squilla empusa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.31	0.00	1.00	0.26
Arthropoda	<i>Tetraxanthus rathbunae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaria	<i>Pennaria disticha</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Amphiphiura oedignatha</i>	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Anthenoides peircei</i>	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Araeosoma belli</i>	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Araeosoma fenestratum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten alligator</i>	1.01	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten cingulatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	32.56	1.22	0.07	0.78
Echinodermata	<i>Astropecten duplicatus</i>	0.55	0.00	0.01	0.00	2.21	0.00	0.00	1.55	0.00
Echinodermata	<i>Astropecten sp.</i>	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Bathypotes natans</i>	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Holothuria sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Isostichopus badionotus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.90	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Luidia clathrata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Molpadia cubana</i>	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Molpadia musculus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Nymphaster arenatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Ophioderma appressa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00
Echinodermata	<i>Ophiostratus atlanticus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinodermata	<i>Pseudostichopus occultatus</i>	0.00	0.00	0.02	0.56	0.08	1.18	0.00	0.00	0.10
Mollusca	<i>Euvola papyracea</i>	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.24
Mollusca	<i>Anomia simplex</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Mollusca	<i>Architectonica nobilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
Mollusca	<i>Arcopagia fausta</i>	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Arcuatula papyria</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Argopecten gibbus</i>	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Barbatia candida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Solenosteira cancellaria</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Mollusca	<i>Cinguloterebra floridana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00
Mollusca	<i>Conus cancellatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00

Mollusca	<i>Copulabyssia leptalea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Glyphostoma gratula</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00

Continuación tabla 9.19

Phylum	Especie	B1	B2	C1	C3	D1	D2	D3	F1	F2
Mollusca	<i>Mercenaria campechiensis</i>	0.17	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.11	0.43
Mollusca	<i>Pinna carnea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Mollusca	<i>Polystira tellea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01	0.16	0.14
Mollusca	<i>Propeamussium dalli</i>	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca	<i>Psammotreta brevifrons</i>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.06	0.00
Mollusca	<i>Semicassis granulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	1.37
Mollusca	<i>Triplofusus giganteus</i>	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Copia del Acta, inscrita a fojas treinta y cuatro del Libro Centésimo Sexagésimo, del Examen Final presentado por Juan Carlos Rubio Polania para obtener el grado de Doctor en Ciencias en la especialidad de Ciencias Marinas.

En la Ciudad de Mérida, Yucatán, a los dieciséis días del mes de diciembre del año dos mil veinte, se reunieron, mediante videoconferencia, por el Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional: la doctora Rossanna del Pilar Rodríguez Canul, el doctor Daniel Torruco Gómez y el doctor Jorge Iván Euan Ávila, todos ellos investigadores titulares del Departamento de Recursos del Mar; y, como sinodales invitados por el Centro, el doctor Ismael de Jesús Mariño Tapia, Profesor de Asignatura del Departamento de Manejo de Zonas Costeras de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación del SISAL de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México; y el doctor Angel Borja Yerro, Investigador Principal de la Unidad de Investigación Marina de la Fundación AZTI-Fundazioa en España; a fin de efectuar el Examen Final que para obtener el grado de Doctor en Ciencias sustentó Juan Carlos Rubio Polania.

Juan Carlos Rubio Polania presentó la tesis titulada: "Evaluación de los Patrones de Distribución, Composición y Diversidad de las Comunidades Megabentónicas del Mar Profundo del Cinturón Plegado Perdido y la Plataforma de Yucatán, Golfo de México, México", que fue desarrollada bajo la dirección del doctor Daniel Torruco Gómez.


Con fundamento en los resultados de este examen, el Jurado dictaminó que Juan Carlos Rubio Polania aprobó el Examen Final para obtener el grado de Doctor en Ciencias en la especialidad de Ciencias Marinas.


Rossanna del Pilar Rodríguez Canul


Daniel Torruco Gómez


Jorge Iván Euan Ávila


Angel Borja Yerro


Ismael de Jesús Mariño Tapia

El Director General del Centro certifica que las firmas que anteceden son auténticas.

José Mustre de León

Jorge Iván Euan Ávila

"El presente documento cuenta con la firma del Dr. Jorge Iván Euan Ávila, Coordinador Académico del Departamento de Recursos del Mar, quien certifica que las firmas que aparecen en esta acta provisional son auténticas y las mismas que usan los c.c. profesores mencionados en ella."