



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS  
AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
UNIDAD MONTERREY**

La explicación científica escolar sobre la digestión de alimentos en sexto grado de primaria. Una aproximación desde la perspectiva cognitivo-lingüística.

**Tesis que presenta**  
Erika Barrera Contreras

**Para obtener el grado de**  
**Maestra en Educación en Biología para la Formación Ciudadana**

**Directores de tesis:**  
Dra. María Teresa Guerra Ramos  
Dra. Roxana Guadalupe Gutiérrez Vidal

**Gracias al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada para apoyar el desarrollo del presente proyecto de investigación.**

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María Teresa Guerra Ramos y la Dra. Roxana Guadalupe Gutiérrez Vidal por su dirección en la construcción de esta tesis. Gracias por su perspectiva crítica y sus observaciones precisas, las cuales mejoraron significativamente el trabajo de investigación y redacción del documento. Me encuentro agradecida por haber tenido la oportunidad de compartir experiencias y conocimiento con dos mujeres líderes y visionarias en el ámbito académico.

A la Dra. Tatiana Iveth Salazar López y la Dra. Blanca Estela Galindo Barraza por sus preguntas y sugerencias que sirvieron para enriquecer la tesis y lograr así un documento más sólido y completo. Gracias por disipar mis dudas de forma oportuna.

Al grupo de profesores-investigadores que pertenecen al Programa de la Maestría en Educación en Biología para la Formación Ciudadana con quienes dialogue en diferentes momentos sobre el sentido de la formación para plantear nuevas formas enseñar ciencias en el ámbito escolar. Gracias por sus muestras de conocimiento y humildad, siempre hicieron de la clase un espacio acogedor, inspirador y enriquecedor para todos sus estudiantes. Gracias por guiarme y orientarme desde un enfoque crítico que contribuyó a cuestionar (me) sobre aquello que asumía de manera implícita y encontrar así nuevas formas de observar y comprender la enseñanza de las ciencias.

A mis compañeros de generación: Ale, Clau, Marce, Andrés, Uli y Dani. Gracias por los momentos compartidos y las extensas pláticas. Hicieron de mi estancia en Monterrey un momento de vida que ha dejado una huella imborrable. Agradecida de haber tenido la oportunidad de conocerlos, vivimos momentos que no se olvidarán fácilmente, desde las noches de estudio hasta las aventura espontáneas que casi nunca planificamos. Segura estoy que les espera un futuro de grandes éxitos en el ámbito profesional y personal.

A todas las personas (familia, amigos y amigas) que me acompañaron durante todo el proceso. Gracias por todo el respaldo que me brindaron y su apoyo en todo momento. Su presencia me brindó el soporte necesario para culminar esta etapa en mi desarrollo profesional.

A los docentes y estudiantes de educación primaria implicados en este proyecto. Gracias por su apoyo y disposición para operacionalizar el trabajo de implementación de las secuencias didácticas y la recogida de datos que sirvieron para hacer el presente trabajo de tesis.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	12
I. INTRODUCCIÓN .....	16
II. JUSTIFICACIÓN .....	19
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	21
IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	24
V. OBJETIVOS.....	25
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO .....	26
1.1 El concepto de la explicación científica escolar.....	26
1.2 La explicación científica escolar como habilidad cognitivo-lingüística.....	29
1.3 Orientaciones para caracterizar la complejidad de las explicaciones científicas escolares.....	31
1.4 Estudios sobre el desarrollo de explicaciones científicas escolares .....	34
1.5 Estudios sobre explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos.....	48
1.6 La explicación científica escolar y la digestión de alimentos en el currículo de estudios vigente .....	61
CAPÍTULO 2. CONTENIDO DISCIPLINAR .....	65
2.1 Estructura del sistema digestivo y la función de los órganos y tejidos que lo integran .....	65
2.2 Secreciones que participan en la digestión .....	70
2.3 Etapas de la digestión de alimentos .....	72
2.4 Relación del sistema digestivo con el sistema circulatorio .....	76
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA .....	78
3.1 Fundamento teórico de la propuesta metodológica .....	78
3.2 El contexto de la población participante en el estudio.....	79
3.3 La pregunta que propició la explicación .....	81
3.4 Secuencia didáctica centrada en el desarrollo de explicaciones aplicada en el Grupo 1 .....	83
3.5 Secuencia didáctica enfocada en la enseñanza regular aplicada en el Grupo 2.....	88
3.6 El proceso de recolección y selección de datos .....	90
3.7 El sistema de categorías.....	91

3.8	El análisis cualitativo de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos.....	102
3.9	El análisis cuantitativo de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos.....	106
3.10	Análisis estadístico .....	108
CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....		110
4.1	Precisión de las explicaciones del Grupo 1 .....	110
4.2	Organización de las explicaciones del Grupo 1 .....	129
4.3	Compleción de las explicaciones del Grupo 1 .....	142
4.4	Avances en las características de las explicaciones del Grupo 1 .....	151
4.5	Precisión de las explicaciones del Grupo 2 .....	153
4.6	Organización de las explicaciones del Grupo 2 .....	170
4.7	Compleción de las explicaciones del Grupo 2 .....	176
4.8	Avances en las características de las explicaciones del Grupo 2 .....	180
4.9	Volumen de conocimiento registrado en el antes y el después de las explicaciones de ambos grupos.....	181
4.10	Diferencias de volumen de conocimiento entre el antes y el después de las explicaciones de ambos grupos.....	185
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN .....		186
CAPÍTULO 6. ORIENTACIONES DIDÁCTICAS .....		191
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES .....		199
REFERENCIAS .....		202

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> <i>Criterios de análisis para caracterizar las producciones explicativas de los estudiantes</i> .....	32
<b>Tabla 2:</b> <i>Estudios sobre las explicaciones científicas escolares con estudiantes de 9 a 12 años</i> .....	36
<b>Tabla 3:</b> <i>Estudios de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos que elaboran estudiantes de 9 a 12 años</i> .....	49
<b>Tabla 4:</b> <i>Etapas del proceso de masticación</i> .....	73
<b>Tabla 5:</b> <i>Estructura general de la secuencia didáctica que se implementó en el Grupo 1</i> .....	84
<b>Tabla 6:</b> <i>Estructura general de la secuencia didáctica que se implementó en el Grupo 2</i> .....	89
<b>Tabla 7:</b> <i>Sistema de categorías para caracterizar la precisión de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimento</i> .....	93
<b>Tabla 8:</b> <i>Sistema de categorías para caracterizar la organización de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimento</i> .....	96
<b>Tabla 9:</b> <i>Sistema de categorías para caracterizar la compleción de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimento</i> .....	98
<b>Tabla 10:</b> <i>Reglas de inclusión del sistema de categorías</i> .....	101
<b>Tabla 11:</b> <i>Ejemplo de relaciones que se establecieron entre el contenido de una explicación de un estudiante del Grupo 1 y las categorías propuestas en el sistema de análisis</i> .....	104
<b>Tabla 12:</b> <i>Ejemplos representativos de las transcripciones de enuncados extraídos de tres explicaciones finales del Grupo 1 ubicadas en el nivel parcial en la categoría “Relación de sistemas”</i> .....	127
<b>Tabla 13:</b> <i>Ejemplos representativos de las transcripciones del texto de tres explicaciones iniciales de estudiantes del Grupo 1 ubicadas en el nivel incipiente en la categoría “Etapas de la digestión”</i> .....	132
<b>Tabla 14:</b> <i>Ejemplo representativo de una explicación final de un estudiante del Grupo 1 ubicada en el nivel parcial en la categoría “Etapas de la digestión”</i> .....	137

<b>Tabla 15:</b> <i>Ejemplo representativo de una explicación final de un estudiante del Grupo 1 ubicada en el nivel global en la categoría “Etapas de la digestión”</i> .....	139
<b>Tabla 16:</b> <i>Ejemplos representativos de transcripciones del texto de cinco explicaciones iniciales de estudiantes del Grupo 1 situadas en el nivel ausente en la categoría “Causas y efectos”</i> .....	143
<b>Tabla 17:</b> <i>Ejemplos representativos de transcripciones de enunciados de ocho explicaciones finales del Grupo 1 situadas en el nivel incipiente en la categoría “Causas y efectos”</i> .....	145
<b>Tabla 18:</b> <i>Ejemplos representativos de transcripciones de enunciados extraídos de seis explicaciones finales del Grupo 1 situadas en el nivel parcial en la categoría “Causas y efectos”</i> .....	147
<b>Tabla 19:</b> <i>Evaluación del avance de las explicaciones del Grupo 1 en las cinco categorías</i> .....	152
<b>Tabla 20:</b> <i>Ejemplos representativos de transcripciones del texto de cuatro explicaciones iniciales del Grupo 2 ubicadas en el nivel incipiente en la categoría “Etapas de la digestión”</i> .....	173
<b>Tabla 21:</b> <i>Ejemplos representativos de transcripciones del texto de cinco explicaciones finales de estudiantes del Grupo 2 ubicadas en el nivel incipiente en la categoría “Etapas de la digestión”</i> .....	175
<b>Tabla 22:</b> <i>Ejemplos representativos de transcripciones de enunciados de nueve explicaciones del Grupo 2 situadas en el nivel ausente en la categoría “Causas y efectos”</i> .....	178
<b>Tabla 23:</b> <i>Evaluación del avance de las explicaciones del Grupo 2 en las cinco categorías</i> .....	180

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <i>La explicación como habilidad cognitivo-lingüística.....</i>	30
<b>Figura 2:</b> <i>Esquema del sistema digestivo.....</i>	66
<b>Figura 3:</b> <i>Pregunta que se planteó a los estudiantes de los dos grupos de sexto grado antes y después de la implementación de las secuencias didácticas correspondientes.....</i>	82
<b>Figura 4:</b> <i>Ejemplo de captura digital de una explicación de un estudiante del Grupo 1.....</i>	103
<b>Figura 5:</b> <i>Ejemplo de la valoración de volumen de conocimiento de una explicación del Grupo 1.....</i>	107
<b>Figura 6:</b> <i>Ejemplo representativo de una explicación inicial en el nivel incipiente de un estudiante del Grupo 1 en la categoría “Órganos y tejidos”.....</i>	112
<b>Figura 7:</b> <i>Ejemplo representativo de una explicación inicial ubicada en el nivel parcial de un estudiante del Grupo 1 en la categoría “Órganos y tejidos”.....</i>	113
<b>Figura 8:</b> <i>Ejemplo representativo de una explicación final ubicada en el nivel parcial de un estudiante del Grupo 1 en la categoría “Órganos y tejidos”.....</i>	116
<b>Figura 9:</b> <i>Ejemplo representativo de una explicación final ubicada en el nivel global de un estudiante del Grupo 1 en la categoría “Órganos y tejidos”.....</i>	117
<b>Figura 10:</b> <i>Ejemplos representativos de una explicación final de un estudiante del Grupo 1 ubicada en el nivel parcial donde se señaló la presencia de las secreciones digestivas en la silueta humana.....</i>	121
<b>Figura 11:</b> <i>Ejemplos representativos de dos explicaciones iniciales de los estudiantes del Grupo 1 situados en los niveles ausente e incipiente en la categoría “Relación de sistemas”.....</i>	124
<b>Figura 12:</b> <i>Ejemplo representativo de una explicación final de un estudiante del Grupo 1 situado en el nivel parcial en la categoría “Relación de sistemas”.....</i>	126
<b>Figura 13:</b> <i>Ejemplo representativo de un dibujo y de un enunciado extraído de una explicación final del Grupo 1 en el nivel global en la categoría “Relación de sistemas”.....</i>	128

<b>Figura 14:</b> Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 1 ubicada en el nivel ausente en la categoría “Etapas de la digestión”.....	131
<b>Figura 15:</b> Ejemplos representativos de dos explicaciones iniciales de los estudiantes del Grupo 1 donde se detectaron frases vinculadas a las etapas de la digestión en el dibujo de la silueta humana.....	134
<b>Figura 16:</b> Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 2 ubicada en el nivel incipiente en la categoría “Órganos y tejidos”.....	155
<b>Figura 17:</b> Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 2 cuyo dibujo del sistema digestivo concluyó en el estómago.....	156
<b>Figura 18:</b> Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 2 ubicada en el nivel parcial en la categoría “Órganos y tejidos”.....	158
<b>Figura 19:</b> Ejemplos representativos de dos explicaciones finales de estudiantes del Grupo 2 donde se omitió la representación gráfica del sistema digestivo y se optó por elaborar texto.....	160
<b>Figura 20:</b> Ejemplo representativo de una explicación final de un estudiante del Grupo 2 situada en el nivel incipiente en la categoría “Secreciones digestivas”.....	164
<b>Figura 21:</b> Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 2 situada en el nivel ausente en la categoría “Relación de sistemas”.....	166
<b>Figura 22:</b> Ejemplo representativo de una explicación de un estudiante del Grupo 2 situada en el nivel incipiente en la categoría “Relación de sistemas”.....	167
<b>Figura 23:</b> Ejemplo representativo de una explicación final de un estudiante del Grupo 2 situada en el nivel incipiente en la categoría “Relación de sistemas”.....	169
<b>Figura 24:</b> Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 2 situada en el nivel ausente en la categoría “Etapas de la digestión”.....	171
<b>Figura 25:</b> Ejemplos representativos de las medianas de volumen de conocimiento detectado en las explicaciones iniciales de ambos grupos.....	182
<b>Figura 26:</b> Ejemplos representativos de las medianas de volumen de conocimiento detectado en las explicaciones finales de ambos grupos.....	183

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> <i>Frecuencia de los niveles en la categoría “Órganos y tejidos” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 1 .....</i>	111
<b>Gráfico 2:</b> <i>Frecuencia de los niveles en la categoría “Secreciones digestivas” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 1 .....</i>	120
<b>Gráfico 3:</b> <i>Frecuencia de los niveles en la categoría “Relación de sistemas” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 1 .....</i>	123
<b>Gráfico 4:</b> <i>Frecuencia de los niveles en la categoría “Etapas de la digestión” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 1 .....</i>	130
<b>Gráfico 5:</b> <i>Frecuencia de los niveles en la categoría “Causas y efectos” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 1 .....</i>	142
<b>Gráfico 6:</b> <i>Frecuencia de los niveles en la categoría “Órganos y tejidos” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 2 .....</i>	154
<b>Gráfico 7:</b> <i>Frecuencia de los niveles en la categoría “Secreciones digestivas” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 2 .....</i>	163
<b>Gráfico 8:</b> <i>Frecuencia de los niveles en la categoría “Relación de sistemas” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 2 .....</i>	165
<b>Gráfico 9:</b> <i>Frecuencia de los niveles en la categoría “Etapas de la digestión” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 2 .....</i>	170
<b>Gráfico 10:</b> <i>Frecuencia de los niveles en la categoría “Causas y efectos” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 2 .....</i>	177

## RESUMEN

Impulsar el desarrollo de la explicación científica escolar como habilidad cognitivo-lingüística es fundamental para propiciar aprendizajes significativos y perdurables con los estudiantes en la clase de ciencias. El objetivo de este estudio fue caracterizar y comparar la complejidad de las explicaciones científicas escolares de dos grupos de estudiantes de sexto grado de primaria sobre la digestión de alimentos antes y después de una secuencia didáctica centrada en el desarrollo de explicaciones (Grupo 1) y de una secuencia enfocada en la enseñanza regular (Grupo 2). Esto permitió conocer cómo influyeron dos propuestas de enseñanza en las producciones explicativas de los estudiantes.

La secuencia didáctica implementada en el Grupo 1 tuvo una duración de 10 horas y se caracterizó por incorporar actividades didácticas como prácticas experimentales, elaboración de inferencias, construcción de modelos analógicos y representaciones teatrales. La secuencia didáctica aplicada en el Grupo 2 se desarrolló en un lapso de 6 horas y se incluyeron las sugerencias didácticas que brinda el libro de texto y los materiales tradicionales de orientación para el maestro. Las explicaciones de los estudiantes se recabaron antes y después de ponerse en práctica ambas secuencias didácticas y se construyeron en torno a la pregunta: ¿Qué le pasa a la gordita dentro del cuerpo de Jorge? En el Grupo 1, se obtuvieron 28 explicaciones y en el Grupo 2, se recuperaron 30 explicaciones. Se realizó el análisis de contenido de las producciones de los estudiantes mediante un sistema de categorías que integró los criterios de precisión, organización, compleción y el volumen de conocimiento contenido en las mismas. Adicionalmente, se determinó si hubo avances estadísticamente significativos entre el antes y el después de las explicaciones de un mismo grupo con la prueba rangos de signos de Wilcoxon y para comparar las diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de las explicaciones iniciales y finales de los dos grupos se empleó la prueba U Mann Whitney.

Los resultados mostraron que las explicaciones iniciales de los dos grupos fueron simples, intuitivas y poco estructuradas. Después de la implementación de las secuencias didácticas solamente se observaron avances considerables en el Grupo 1.

Estos avances se caracterizan por mostrar un avance sustancial en la precisión para incorporar léxico científico y en la organización temporal de las etapas de la digestión, en consecuencia, también aumentó el volumen de conocimiento encontrado en las explicaciones. Sin embargo, los estudiantes continuaron presentando dificultades para incorporar las transformaciones físicas y bioquímicas relacionadas con la digestión de alimentos. Este hallazgo sugiere la necesidad de promover prácticas de enseñanza favorezcan la incorporación de relaciones causales en las explicaciones científicas escolares.

**Palabras Clave:** digestión de alimentos, explicación científica escolar, educación en ciencias, educación primaria, México.

## ABSTRACT

Boosting the development of school scientific explanation as a cognitive-linguistic skill is crucial for fostering meaningful and lasting learning experiences with students in science class. The aim of this study was to characterize and compare the complexity of school scientific explanations from two groups of sixth-grade elementary students regarding food digestion before and after a didactic sequence focused on explanation development (Group 1) and a sequence focused on regular teaching (Group 2). This allowed us to understand how two teaching approaches influenced students' explanatory productions.

The didactic sequence implemented in Group 1 lasted for 10 hours and was characterized by incorporating activities such as experimental practices, inference elaboration, construction of analogical models, and theatrical representations. The didactic sequence applied in Group 2 spanned 6 hours and included teaching suggestions provided by the textbook and traditional teacher guidance materials. Students' explanations were collected before and after implementing both didactic sequences and were centered around the question: What happens to the food inside Jorge's body? In Group 1, 28 explanations were obtained and in Group 2, 30 explanations were recovered. Content analysis of students' productions was conducted using a category system that integrated criteria of precision, organization, completeness, and the volume of knowledge contained within. Additionally, statistically significant advancements between before and after explanations within the same group were determined using the Wilcoxon signed-rank test, and to compare statistically significant differences between the initial and final explanation medians of the two groups, the Mann Whitney U test was employed.

Results showed that initial explanations from both groups were simple, intuitive, and loosely structured. After the implementation of the didactic sequences, significant advancements were observed only in Group 1. These advancements were characterized by substantial improvement in the precision of incorporating scientific terminology and in the temporal organization of digestion stages; consequently, the volume of knowledge found in the explanations also increased. However, students

continued to face difficulties in incorporating physical and biochemical transformations related to food digestion. This finding suggests the need to promote teaching practices that facilitate the inclusion of causal relationships in school scientific explanations.

**Keywords:** food digestion, school-based scientific explanation, science education, primary education, Mexico

## I. INTRODUCCIÓN

La explicación científica es una habilidad indispensable en la educación científica escolar porque favorece la comprensión de conceptos, procesos y fenómenos científicos. La complejidad inherente al desarrollo de estrategias educativas que promuevan su desarrollo en el aula, la convierte en una línea de investigación e interés en el campo de la enseñanza y la didáctica de las ciencias.

Estudiar cómo se caracterizan las explicaciones científicas escolares en el contexto de una secuencia didáctica, permitió identificar, en este trabajo, los factores que promueven su desarrollo en el aula. De esta manera, se generaron orientaciones didácticas destinadas a apoyar al profesorado en el desarrollo de la explicación como habilidad cognitivo-lingüística en el ámbito escolar.

Así, en la presente investigación se estudiaron las características de las explicaciones científicas escolares de estudiantes de sexto grado de educación primaria sobre la digestión de alimentos. Para ello, se utilizó una pregunta inductora y se llevaron a cabo dos secuencias didácticas. La caracterización de las explicaciones de los estudiantes se realizó con las producciones que los estudiantes elaboraron antes y después de una secuencia didáctica. El estudio comprendió dos grupos, en el Grupo 1 se implementó una secuencia didáctica centrada en el desarrollo de explicaciones, mientras que el Grupo 2 vivenció una secuencia didáctica enfocada en la enseñanza regular.

En la *justificación* de este proyecto de tesis se encuentran los argumentos que respaldaron la necesidad y relevancia de estudiar la explicación científica escolar, desde una postura que comparó en dos momentos similares las características de las explicaciones de los estudiantes de dos grupos de sexto grado donde se aplicaron secuencias didácticas distintas. Esto con el fin de comprender el grado de influencia de ambas propuestas en la construcción de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos.

En el *planteamiento del problema* se abordan las razones que consideramos están limitando el desarrollo de la explicación científica en el aula y se profundiza

sobre aquellas en las que esta investigación pretendió incidir. Estas razones están estrechamente relacionadas con la propuesta de orientaciones didácticas para el profesorado que sirvan como referente para guiar al estudiante en la elaboración de explicaciones científicas complejas en términos de precisión, organización, compleción y volumen de conocimiento y, desde este posicionamiento, se plantean *las preguntas y objetivos de investigación*.

Enseguida, en el *capítulo 1* se presentan los elementos teóricos que nos permitieron comprender cómo se concibe la explicación científica para diferenciarla de la explicación de sentido común. También aparecen referentes teóricos que sustentan la explicación como una habilidad cognitivo-lingüística y se encuentran los criterios que propone Jorba (2010) para caracterizar las producciones explicativas de los estudiantes. Asimismo, se encuentran los resultados de la búsqueda de estudios empíricos relacionados con el desarrollo de la explicación científica en el ámbito escolar. Además, se comparte una revisión y reflexiones sobre cómo se propone en el Plan de Estudios vigente desarrollar la explicación y abordar temáticas como la digestión de alimentos.

En el *capítulo 2* se documenta el proceso de la digestión de alimentos reconociendo las causas subyacentes de este fenómeno biológico. La información que se presenta se apoya en fuentes con rigurosidad científica que incluyeron el Tratado de Fisiología Médica de Guyton y Hall (Hall, 2016) y publicaciones en revistas indexadas. En este apartado aparece información sobre la estructura del sistema digestivo y la función de los órganos y tejidos que lo integran, así como las secreciones involucradas en la digestión y las etapas de este proceso biológico. Finalmente, se describe la relación del sistema digestivo con el sistema circulatorio.

En el *capítulo 3* se expone la organización y las actividades de las secuencias didácticas implementadas en ambos grupos. Asimismo, se presenta el proceso metodológico de la investigación que inició con la integración del *corpus* de análisis<sup>1</sup>,

---

<sup>1</sup> Se refiere al conjunto de explicaciones seleccionadas para hacer el análisis.

siguió con el diseño y la propuesta de un sistema de categorías original para llevar a cabo el análisis cuantitativo y cualitativo de las explicaciones y, concluyó con la ejecución de las pruebas estadísticas Wilcoxon y U Mann Whitney para determinar los avances y diferencias estadísticamente significativos.

En el *capítulo 4* se presenta una descripción amplia sobre las características que encontramos en las explicaciones en términos de precisión, organización, compleción y volumen de conocimiento, también se detallan los avances que se registraron en cada grupo y las diferencias del antes y el después de ambos grupos.

En el *capítulo 5* se muestra el contraste de los resultados obtenidos en nuestro estudio y los hallazgos reportados en estudios anteriores dentro del mismo ámbito. A partir de este contraste se identifican semejanzas y se destaca la contribución del presente trabajo sobre la explicación científica escolar. Al mismo tiempo, se discuten las limitaciones de nuestro estudio para reconocer la influencia de estas en los resultados obtenidos y señalar así el alcance de esta investigación.

En el *capítulo 6* aparecen las orientaciones didácticas para el profesorado, las cuales se formularon con base en la evidencia empírica que aportó el trabajo de tesis. En este apartado se incluyen estrategias didácticas que en nuestro estudio contribuyeron a desarrollar la habilidad explicativa de los estudiantes de sexto grado sobre la digestión de alimentos.

Finalmente, en el *capítulo 7* se presentan las conclusiones en función de las preguntas de investigación y de los objetivos propuestos para la investigación. Asimismo, se comparten algunas sugerencias sobre nuevas líneas de investigación relacionadas con el estudio de la explicación científica escolar.

## II. JUSTIFICACIÓN

La promoción de habilidades cognitivo-lingüísticas en el aula, como la explicación científica es una práctica emergente en contexto escolar. Su desarrollo promueve el aprendizaje perdurable y potencia el uso del lenguaje por parte del alumno, otorgándole un papel protagónico en su proceso de aprendizaje (Jorba, 2010).

Esto supone una ruptura de prácticas tradicionales donde la prioridad es memorizar y reproducir información científica, la cual rara vez es relevante, duradera y significativa para el alumno (Moreno *et al.*, 2012; Reznitskaya y Gregory, 2013; Cofré *et al.*, 2015). Modificar este tipo de enseñanza, que generalmente se enfoca en la transmisión de conocimiento permite aproximarse a nuevas perspectivas de enseñanza que le brinden al estudiante la oportunidad de elaborar explicaciones científicas.

El planteamiento cognitivo-lingüístico del aprendizaje ha buscado contribuir en este campo. Este enfoque recupera como objetivo educativo el desarrollo de habilidades como la explicación (Gómez, 2010). Desde esta perspectiva de enseñanza, el uso de lenguaje se concibe como vehículo primordial para que el niño de cuenta sobre cómo entiende un fenómeno científico. Esto debido a que, cuando el alumno utiliza habilidades cognitivo-lingüísticas como la explicación tiene la oportunidad de construir y estructurar un pensamiento más organizado y complejo (Barnes, 1994).

Por lo tanto, el desarrollo de la explicación es prioridad en la enseñanza de las ciencias escolares y representa un medio privilegiado para observar y analizar el conocimiento que el estudiante construye sobre una temática científica (Izquierdo y Sanmartí, 2010). En este proyecto, la digestión de alimentos fue la temática que se eligió para que el estudiante construyera explicaciones científicas. La elección de esta temática radica en la importancia de que los estudiantes enriquezcan el conocimiento científico acerca de la estructura y funcionamiento del sistema digestivo, como una primera aproximación a la comprensión del funcionamiento integral del cuerpo humano.

Desde esta noción, este trabajo de tesis representa un esfuerzo por cambiar una versión enciclopédica de la enseñanza que se caracteriza por la repetición de términos

y definiciones asociados a la digestión de alimentos y, se elige, en cambio, apostar por el diseño de secuencias didácticas enfocadas en el desarrollo de la explicación científica escolar. Priorizando así, el desarrollo de habilidades cognitivo–lingüísticas, en un intento por favorecer en los estudiantes de sexto grado de primaria la comprensión integrada sobre la digestión de alimentos, la cual incluye el reconocimiento de elementos biológicos, la organización de la secuencia lógica de procesos y la expresión de relaciones causales (Jorba, 2010). De esta manera, se propone aplicar dos secuencias didácticas, una centrada en la elaboración de explicaciones y otra enfocada en la enseñanza regular a fin de explorar la influencia de ambas en la producción de explicaciones científicas escolares.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las prácticas de aula comúnmente se detectan dificultades para priorizar el desarrollo sistemático de habilidades cognitivo-lingüísticas como la explicación científica, dado que se tiende a promover la memorización de información científica, donde el docente usualmente, es quien explica y los alumnos quienes escuchan y reproducen las explicaciones (Moreno *et al.*, 2012; Reznitskaya y Gregory, 2013; Cofré *et al.*, 2015). Este tipo de prácticas fomentan que el estudiante incorpore y reproduzca exitosamente una diversidad de vocabulario científico, sin que esto implique necesariamente su entendimiento, esto repercute en las limitaciones que tiene el alumno para utilizar el conocimiento que construye en el aula de ciencias cuando intenta elaborar explicaciones científicas.

La práctica discursiva del profesorado y la escucha receptiva del alumno como forma de enseñanza, está íntimamente ligada a concepciones tradicionales que sostienen que una de las maneras más eficaces para lograr que el estudiante aprenda es enseñarle a copiar lo que hacen los mayores y que este lo reproduzca hasta dominarlo (Izquierdo y Sanmartí, 2010). Esta manera de enseñar ha sido fuertemente cuestionada, debido a que, si bien, la memorización de información científica puede ser necesaria, el desarrollo de habilidades como la explicación es fundamental para promover en el estudiante el aprendizaje significativo y duradero. Además, el planteamiento curricular vigente enfatiza el desarrollo de la explicación por encima de la memorización de conceptos e ideas científicas, sin embargo, no se cuenta con estrategias didácticas efectivas que fomenten esta habilidad en el ámbito escolar.

Un reporte que sustenta el poco desarrollo de las habilidades cognitivo-lingüísticas en estudiantes mexicanos es el difundido por PISA<sup>2</sup> en 2018 que sitúa a

---

<sup>2</sup> PISA es un Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos diseñado y operado por la OCDE ¿Qué es la OCDE? Tiene como objetivo evaluar a los estudiantes que culminan la escuela secundaria para determinar su nivel en el desarrollo de habilidades de lectura, matemáticas y ciencia. Esta prueba

México con 418 puntos, por debajo del promedio general de 489 puntos. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2018). En particular, en el área de la “explicación científica”, los resultados precisan que el 47% de los estudiantes mexicanos se encuentra en el nivel 1. Es decir, que los estudiantes ofrecen explicaciones obvias con conocimiento científico incipiente (OCDE, 2006). Este dato sugiere que los estudiantes elaboran explicaciones basadas generalmente en el sentido común, la intuición, sus creencias y experiencias y, en consecuencia, incluyen poco o nulo conocimiento científico porque no tiene los elementos suficientes para enfrentar las dificultades que surgen al momento de explicar, como el uso adecuado del lenguaje, la organización de la información que integra una producción explicativa y el empleo de relaciones causales (De Andrade *et al.*, 2019; Meneses *et al.*, 2018).

Los datos estadísticos son inquietantes y demandan la revisión de los factores<sup>3</sup> que inciden en los resultados. Entre ellos resalta precisamente la enseñanza tradicional que se fomenta en las aulas como resultado de la escasa familiaridad que tienen los docentes con la habilidad de explicar y el desarrollo de prácticas orientadas *exprofeso*<sup>4</sup> para favorecer esta habilidad. Aunque los maestros buscan opciones de formación que les permitan superar las dificultades que surgen cuando buscan impulsar la habilidad explicativa en el aula, la realidad es que son pocas las ofertas de formación que contribuyen a enriquecer nuevas perspectivas sobre la enseñanza de las ciencias.

---

no evalúa conocimientos específicos, sino que se concentra en reconocer y valorar, en caso de la ciencia, la competencia científica que alude, entre otras consideraciones, el reconocimiento y elaboración de explicaciones científicas. La prueba se realiza cada 3 años en los países que pertenecen a la OCDE y los resultados permiten valorar cómo se avanza en el logro de metas educativas. La prueba para ciencias incluye reactivos de opción múltiple, redacción de textos y elaboración de diagramas.

<sup>3</sup> Entre estos factores se puede mencionar, las brechas de desigualdad de los países donde se aplica la prueba que conducen a cuestionarse sobre la viabilidad de colocar pruebas estandarizadas para mostrar las condiciones educativas de sectores colocados en contextos diversos que no necesariamente tiene el acceso garantizado a las mismas oportunidades, las condiciones muchas veces precarias de las escuelas mexicanas que poco contribuyen al desarrollo del sistema educativo mexicano, el contexto familiar y socioeconómico del alumno evaluado que, en varios casos es complejo y poco favorecedor para el aprendizaje del alumno.

<sup>4</sup> Que se realiza de manera intencionada y con un propósito específico.

Este conjunto de hechos señala la oportunidad de desarrollar líneas de investigación enfocadas a desarrollar e implementar secuencias didácticas que promuevan la elaboración de explicaciones científicas en la clase de ciencias como estrategia de enseñanza significativa. Consideramos que el diseño intencional de una secuencia didáctica puede favorecer el desarrollo de la habilidad explicativa de los estudiantes, pero, también la enseñanza regular incide en la elaboración de explicaciones, nuestro objetivo es observar cómo y en qué medida influyen dos secuencias didácticas: una centrada en el desarrollo de explicaciones y otra enfocada en la enseñanza regular en la elaboración de explicaciones científicas sobre una temática fértil como, la digestión de alimentos.

Buscamos así encontrar las características, avances y diferencias en la precisión, organización, compleción y volumen de conocimiento (Jorba, 2010) de las explicaciones sobre la digestión de alimentos que producen los estudiantes de ambos grupos de sexto grado para determinar con evidencia empírica orientaciones didácticas que contribuyan a fortalecer dicha habilidad en el aula de ciencias.

#### IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Derivado de la necesidad de impulsar el desarrollo de la explicación científica en el ámbito escolar a través del diseño e implementación de secuencias didácticas que consideren como temática la digestión de alimentos, se construyen las siguientes preguntas de investigación:

*¿Qué características y avances se observan en las explicaciones sobre la digestión de alimentos de los estudiantes de sexto grado de primaria, antes y después de una secuencia didáctica orientada al desarrollo de esta habilidad?*

*¿Qué diferencias se observan en las características y avances de las explicaciones de estudiantes de dos grupos de sexto grado de primaria que vivenciaron una secuencia centrada en el desarrollo de explicaciones y otra enfocada en la enseñanza regular?*

## V. OBJETIVOS

### **General:**

Caracterizar y comparar la complejidad de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos de los estudiantes de sexto grado de primaria, antes y después de una secuencia didáctica centrada en el desarrollo de explicaciones y de una secuencia enfocada en la enseñanza regular.

### **Específicos:**

Diseñar e implementar una secuencia didáctica desde la perspectiva cognitivo-lingüística del aprendizaje para favorecer la elaboración de explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos.

Diseñar y proponer un sistema de análisis que permita caracterizar y comparar la precisión, compleción, organización y volumen de conocimiento de las explicaciones científicas escolares de los estudiantes de sexto grado de primaria, sobre la digestión de alimentos antes y después de una secuencia didáctica para el desarrollo de explicaciones y de una secuencia enfocada en la enseñanza regular.

Comparar las diferencias en la complejidad de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos que construyen dos grupos de estudiantes de sexto de primaria, antes y después de la implementación de una secuencia didáctica para el desarrollo de explicaciones y de una secuencia enfocada en la enseñanza regular.

Proponer orientaciones didácticas que permitan al profesorado favorecer y guiar el desarrollo de la explicación científica desde una perspectiva cognitivo-lingüística en el ámbito escolar.

## **CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO**

Este apartado tiene la finalidad de exponer la base conceptual que sustenta el presente proyecto de investigación con la finalidad de comprender la relevancia que adquiere el trabajo de tesis. En primer lugar, se aborda aquello que se concibe como explicación científica escolar y su diferencia con la explicación de sentido común. Partiendo de que existen diferentes enfoques que atribuyen múltiples significados a la explicación científica escolar, resulta apropiado presentar cómo se concibe la explicación científica escolar desde la perspectiva cognitivo-lingüística, ya que es la posición desde la que se dirige el desarrollo de la propuesta de tesis.

Luego, se describen algunas orientaciones que permiten caracterizar la complejidad de las explicaciones científicas, también desde un enfoque cognitivo-lingüístico. Posteriormente, se presenta una revisión de estudios realizados sobre el desarrollo de la explicación científica en el ámbito escolar en los últimos años. Esta revisión tiene como objetivo describir las características y resultados de algunas intervenciones didácticas realizadas en el aula para propiciar la elaboración de explicaciones. También se coloca una revisión de estudios empíricos de las explicaciones escolares sobre la digestión de alimentos en educación primaria y, finalmente, se realiza una breve descripción acerca de cómo se propone trabajar la explicación en el programa vigente de sexto grado primaria y sobre la manera en que se presenta la digestión de alimentos como contenido disciplinar en los libros de texto.

### **1.1 El concepto de la explicación científica escolar**

Existen algunas definiciones relevantes sobre aquello que se concibe como explicación científica escolar, entre ellas podemos resaltar las siguientes:

Para Rubio y Meneses (2021) es “un género disciplinar que tiene como finalidad explicitar las relaciones de un fenómeno científico” (p.441). El tipo de

relaciones pueden ser de origen temporal y causal y son aquellas que propician el fenómeno en cuestión.

Brisk (2014) enfatiza que la explicación en el ámbito escolar es una práctica discursiva que incluye el uso de vocabulario científico y el empleo de relaciones causales, por tanto, contribuye a la alfabetización científica del estudiante. De ahí que, el desarrollo de la explicación científica favorezca la comprensión, análisis y manejo del conocimiento científico.

Para García-Debanc (1994), la explicación científica que se propicia en el contexto áulico es un conjunto de razonamientos que intentan responder por qué o cómo ocurre un fenómeno científico. Intentar dar respuesta a ambos cuestionamientos conllevan a la elaboración de enunciados que permitan exponer la lógica de hechos que anteceden a los fenómenos científicos.

Pero, antes de tomar una postura sobre aquello que entendemos por explicación científica escolar, es importante escudriñar un poco en el significado de la palabra explicar y desde esta lógica adentrarnos en la naturaleza de la explicación científica escolar para diferenciarla de la explicación de sentido común e incorporar elementos que faciliten la comprensión del objeto de estudio.

La palabra “explicar” proviene del latín *plicāre*, cuyo significado es plegar o doblar, la palabra también tiene en su estructura el prefijo *ex* equivalente a sacar, es decir que, desde su significado etimológico, la palabra explicar puede entenderse como “desenredar” algo que se encuentra “enmarañado” (Anders, 2022). Pero, para tener el deseo de desenredar ese algo, se debe tener una intención. Generalmente, esa intención podría ser la de descubrir lo que existe en el fondo de aquello que está enmarañado y que, a simple vista, es difícil de observar y, por ende, tampoco se puede comprender.

En el mundo se presentan diversos hechos que requieren ser desenmarañados para que podamos comprenderlos y tomar decisiones. De ahí que, explicar sea “un acto que intenta hacer a algo claro, entendible o inteligible. En su elaboración influyen las circunstancias y razones por las que se producen, buscando todas ellas resolver un problema, enigma o dificultad” (Gómez, 2006, p. 76). Derivado de la necesidad

de explicar (se) el ser humano se plantea preguntas como ¿Por qué se hace de noche? ¿Por qué las mujeres presentan menstruación? ¿Por qué las personas enferman de cáncer? ¿Qué sucede cuando los diabéticos se inyectan insulina? ¿Qué sucede cuando elegimos no vacunarnos?

El ser humano puede responder tales preguntas de forma intuitiva o desde el sentido común donde sus apreciaciones, sistema de creencias y experiencia les permite hacer sentido (Driver, 1993). Incluso, en estas respuestas pueden incorporar concepciones vagas de algunas ideas científicas que ha obtenido de fuentes de información a las que ha logrado aproximarse. De tal manera que, el conjunto de experiencias, apreciaciones, creencias y concepciones vagas de conocimiento científico le permiten formular explicaciones como: se hace de noche porque necesitamos un momento para poder dormir y descansar y que nuestras células se regeneren; las mujeres presentan menstruación porque biológicamente ellas pueden dar vida; las personas enferman de cáncer porque la industria alimentaria nos está enfermando; cuando los diabéticos se inyectan insulina se sienten bien porque les ayuda a regular los niveles de glucosa en la sangre o, cuando eliges no vacunarte lo más seguro es que te enfermes porque tu cuerpo no tiene los anticuerpos necesarios para ayudarte a enfrentar algunas infecciones.

Estas explicaciones forman parte de cómo el ser humano intenta dar sustento a lo que desea responder (se), pero, que es difícil de comprender. Este tipo de explicaciones son útiles y valiosas, porque forman parte del capital cultural que posee un individuo y favorecen en determinado momento la toma de decisiones. Sin embargo, vale la pena repensarlas en el ámbito escolar con el fin de fortalecerlas y enriquecerlas y así tomar decisiones más asertivas.

Desde la perspectiva cognitivo-lingüística, las explicaciones científicas escolares que se utilizan para explicar los hechos que ocurren en el mundo implican una continua negociación y potenciación de las explicaciones basadas en el sentido común (Rodrigo, 1994). Desde nuestra postura no tratamos de confrontar ambos tipos de explicaciones, sino enriquecer y fortalecer las explicaciones que ofrecen los alumnos para apoyar a formular explicaciones cada vez más complejas. Dichas

explicaciones integran un conocimiento científico elaborado sobre los elementos implicados, las relaciones causales, las relaciones temporales y las conexiones lógicas que permiten “desenmarañar” el hecho para lograr explicarlo.

En este sentido, podríamos decir que la explicación científica escolar se distingue de la explicación de sentido común porque intenta explicar en profundidad cómo ocurre lo que ocurre y por qué ocurre de esa manera y no de otra (Duschl, 1997). De esta forma, la explicación científica escolar se vuelve una habilidad valiosa para gestionar el conocimiento que se construye en el aula de ciencia y contribuye también a que los alumnos se aproximen a las ideas, teorías y modelos fundamentales de la ciencia.

## **1.2 La explicación científica escolar como habilidad cognitivo-lingüística**

Cuando los estudiantes aprenden establecen interacción con el conocimiento utilizando sus habilidades cognitivas. Una habilidad cognitiva es aquella que permite a una persona “conocer, pensar, almacenar información, organizarla y transformarla hasta generar nuevos productos, realizar operaciones tales como establecer relaciones, formular generalizaciones, tomar determinaciones, resolver problemas y lograr aprendizajes perdurables y significativos” (Frías Guzmán *et al.*, 2017, p. 204). Existe una amplia gama de habilidades cognitivas, por ejemplo: analizar, comparar, clasificar, memorizar, identificar, interpretar, inferir, sintetizar, etcétera. El docente diseña actividades didácticas cuyo propósito reside en que los estudiantes movilicen sus habilidades cognitivas y de esta manera logra acceder al conocimiento para comprenderlo, aprenderlo y finalmente, internalizarlo.

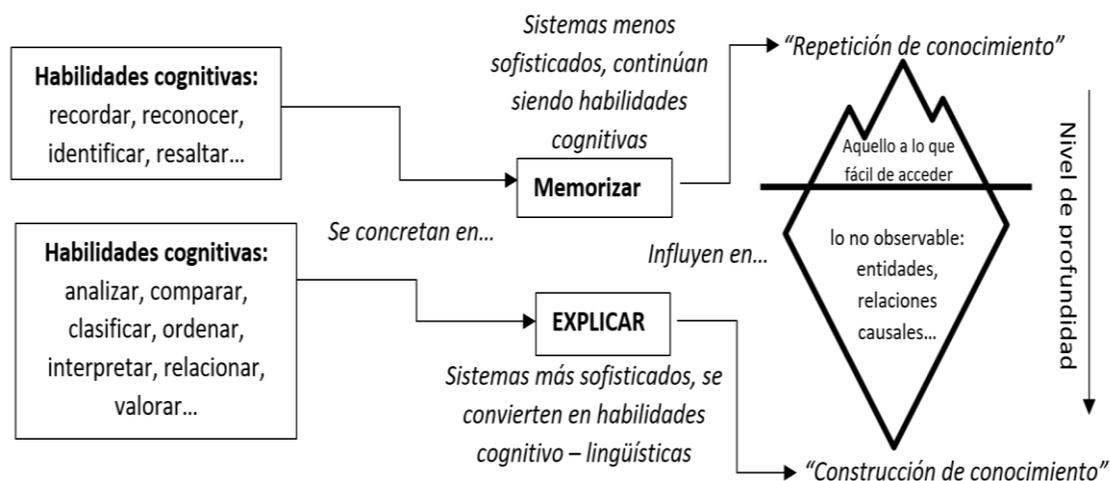
Vygotsky (1993) señala que el conocimiento que posee un sujeto solo puede reconocerse a través del lenguaje. Es decir, la expresión de conocimiento requiere del uso de habilidades lingüísticas. Es imposible adentrarse a la mente de una persona y reconocer cómo moviliza sus habilidades cognitivas, pero, el lenguaje permite acceder al pensamiento del sujeto y develar cómo piensa, qué es lo que piensa, por qué lo piensa de esa manera y no de otra, etcétera. Las habilidades cognitivas reclaman o

activan otro tipo de habilidades que se denominan habilidades cognitivo-lingüísticas (Jorba, 2010). Entre estas habilidades se encuentra, definir, describir, resumir, explicar, justificar, argumentar y demostrar. Cuando un individuo hace uso de este tipo de habilidades tiene la posibilidad de compartir su conocimiento con los demás. Las habilidades cognitivo-lingüísticas utilizan el lenguaje como vehículo para la expresión oral y escrita. Por ejemplo, la explicación se expresa mediante el habla a través de la formulación del discurso, o por medio de la escritura a partir de textos explicativos o representaciones icónicas.

Aunque hay una amplia gama de habilidades cognitivas, cada una de ellas posee una naturaleza y nivel de complejidad distinto, y no necesariamente se relacionan con las habilidades cognitivo-lingüísticas. Por tanto, no todas las secuencias didácticas que se desarrollan en la enseñanza favorecen el desarrollo de habilidades cognitivas de alta complejidad que se conduzcan a la expresión de habilidades cognitivo-lingüísticas. En la figura 1 se puede observar de qué manera se concretan algunas habilidades cognitivas.

**Figura 1**

*La explicación como habilidad cognitivo-lingüística*



Nota. Adaptada de "Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender ciencias", por Sanmartí *et al.*, 1999, Cuadernos de Pedagogía, 1(281), pp. 56 – 57.

Como se observa en la figura 1, si en las actividades de aprendizaje que desarrolla el alumno, este utiliza habilidades cognitivas que requieren poco esfuerzo

como recordar, identificar, resaltar, probablemente solo logrará memorizar información superficial. En cambio, si se involucran en actividades que requieran del uso de habilidades cognitivas sencillas, pero, también incluyan habilidades cognitivas de mayor complejidad, como analizar, comparar, clasificar, interpretar, ordenar y después se le solicita que utilice el lenguaje para compartir lo aprendido tendrá más oportunidades de desarrollar habilidades cognitivo-lingüísticas como la explicación.

La explicación científica desde una perspectiva cognitivo-lingüística se define como “la presentación de razonamientos [...] estableciendo relaciones (debe haber relaciones causales explícitamente) en el marco de los cuales los hechos, acontecimientos o cuestiones explicadas adquieran sentido y lleven a comprender o modificar un estado de conocimiento” (Jorba, 2010, p. 37).

La explicación científica escolar está relacionada con la comprensión y modificación de estados de conocimiento y requiere del diseño de situaciones de aprendizaje que ayuden al estudiante a enriquecer la manera en cómo entiende los hechos que suceden en el mundo y acceder a niveles de conocimiento de mayor profundidad. Elaborar explicaciones científicas escolares implica sumergirse en lo no observable, de ahí que la explicación científica se conciba análogamente como un iceberg (Sanmartí *et al.*, 1999). La movilización de habilidades de alta complejidad influye precisamente en que los estudiantes accedan a niveles de conocimiento científico cada vez más profundos y que se aproxime a la comprensión de un fenómeno desde el reconocimiento de la mayor cantidad posible de entidades partícipes en el mismo, sobre todo de aquellas no observables y desde esta lógica también logre profundizar sobre las relaciones de tipo causal y temporal que dan lugar a que el fenómeno ocurra.

### **1.3 Orientaciones para caracterizar la complejidad de las explicaciones científicas escolares**

La propuesta de este trabajo está encaminada a caracterizar la complejidad de explicaciones científicas de tipo icónico – textual. Sin embargo, para lograrlo, el

profesorado habrá de elegir criterios específicos que permitan “analizar punto por punto los textos producidos por los alumnos y orientarlos en su análisis, revisión y mejora” (Jorba, 2010, p. 45). El análisis de explicaciones permite situar las áreas de oportunidad donde es necesario detenerse para observar los factores que están limitando la elaboración de explicaciones científicas complejas, y así proponer estrategias que permitan mejorarlas y enriquecerlas.

Para profundizar en el análisis de las producciones explicativas de los estudiantes, Jorba (2010) propone los criterios de análisis que aparecen en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Criterios de análisis para caracterizar las producciones explicativas de los estudiantes*

<b>CRITERIO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Pertinencia</b>	El texto es coherente, se refiere al objeto de explicación.
<b>Precisión</b>	Se usa léxico que pertenece al vocablo del área específica de conocimiento.
<b>Organización</b>	Los hechos se encadenan con la lógica de explicación. Se presta atención a conectores temporales. Se incluyen títulos y subtítulos que orientan la lectura.
<b>Compleción</b>	Se presentan relaciones de tipo causal que son aceptables por la comunidad científica y que contribuyen a la modificación de conocimiento.
<b>Volumen de conocimiento</b>	El volumen de conocimiento es adecuado con el nivel que se hace de la explicación.

Nota. Información recuperada de “La comunicación y las habilidades cognitivo-lingüísticas” por Jorba, J. 2010. En J. Jorba, I. Gómez, y Á. Prat (Eds.) Hablar y escribir para aprender: Uso de la lengua en situación de enseñanza – aprendizaje desde las áreas curriculares. Síntesis, p.47.

Como se muestra en la tabla 1, el primer criterio es la *pertinencia* y sirve para valorar la coherencia del texto explicativo, permite observar en qué medida la producción que elabora el estudiante se refiere al objeto de explicación solicitado. Por ejemplo, si se solicita que los estudiantes expliquen qué sucede con un alimento al interior del organismo, se espera encontrar en la explicación razones de tipo científico

que den cuenta del funcionamiento y estructura del sistema digestivo, debido a que este sistema es el encargado de la digestión de alimentos. La pertinencia se encuentra íntimamente ligada a la intención de la pregunta, generalmente, las explicaciones responden al cómo o el porqué de los fenómenos científicos y la respuesta habrá de ajustarse a develar las concepciones que los estudiantes tienen sobre los mecanismos que dan origen a un fenómeno científico. El valor de estas concepciones se expresa en un texto coherente, que no sea incongruente o contradictorio con el objeto de explicación (Jorba, 2010).

El segundo criterio es la *precisión* y se relaciona con el léxico científico correspondiente al objeto de explicación. El uso del lenguaje científico es decisivo en la explicación porque favorece la comunicación clara y concisa de la información y aumenta la densidad de la producción. Utilizar las palabras apropiadas para referirse al fenómeno que se está explicando otorga objetividad al acto de comunicar los saberes propios de la ciencia. El uso del lenguaje científico demuestra cierto nivel de conocimiento sobre el fenómeno que se está explicando (Iturra *et al.*, 2021).

El tercer criterio es la *organización* que depende de los conectores temporales, un conector temporal otorga una secuencia lógica al fenómeno (Jorba, 2010) y permite elaborar un texto expositivo que clarifique cómo inicia, cómo se desarrolla y cómo concluye un fenómeno. La secuenciación de relaciones lógicas en un fenómeno es importante y devela el pensar estructurado del estudiante.

El cuarto criterio es la *compleción* que valora el uso de relaciones causales implicadas en el fenómeno biológico y que son aceptadas por la comunidad científica. Desde la ciencia, una relación causal es la causa – efecto que producen las cualidades o acciones de dos elementos involucrados en un fenómeno (Laza, 2006). En un texto explicativo se espera que los estudiantes sean capaces de explicitar la causas y efectos que suceden en un fenómeno científico, esto incluye explicitar cómo se afectan las entidades después de la aparición de una serie de hechos ocurridos en el fenómeno.

El quinto criterio es el *volumen de conocimiento*, este criterio se puede entender desde la concepción de que los fenómenos biológicos son como capas de cebolla, depende del nivel de profundidad al que se quiere llegar para definir los marcos sobre

los que se construye la explicación. Estos marcos no acotan el nivel de profundidad, pero, apoyan a que el maestro determine a qué nivel de conocimiento es posible llegar con base en las características cognitivas del estudiante para que este logre explicaciones de calidad (Sanmartí *et al.*, 1999).

#### **1.4 Estudios sobre el desarrollo de explicaciones científicas escolares**

Se han realizado varios estudios que describen las características de las explicaciones científicas que se construyen en el ámbito escolar. Al revisar estos antecedentes es posible identificar métodos, conceptos clave e ideas existentes que permiten clarificar las pautas de análisis para elaborar una propuesta metodológica sólida. Esta propuesta facilitará el estudio de las explicaciones científicas como producto explicativo y como propuesta de enseñanza.

Del amplio conjunto de estudios realizados sobre la explicación científica en el ámbito escolar, se seleccionaron cinco investigaciones congruentes con la naturaleza del presente estudio. Los criterios de selección que se emplearon fueron:

- a) estar publicadas en revistas indexadas sobre docencia y enseñanza y didáctica de las ciencias,
- b) haber sido realizadas con estudiantes en un rango de edad cercano a nuestra población de estudio (9 – 12 años),
- c) estar centradas en la elaboración de explicaciones relacionadas con conceptos, teorías, leyes o fenómenos de origen científico,
- d) haber utilizado una secuencia didáctica que favoreciera la promoción de explicaciones en el contexto escolar y,
- e) que se hubieran utilizado criterios de análisis para caracterizar la complejidad y estructura de la explicación y no mostraran únicamente resultados sobre los cambios en las concepciones, ideas o conocimiento explícito en la explicación.

La recuperación de los estudios permitió el acercamiento a la revisión de estrategias didácticas que facilitan el desarrollo de explicaciones científicas en el ámbito escolar y la aproximación al conocimiento de criterios de análisis que facilitan la caracterización de la complejidad de las explicaciones científicas elaboradas. En la tabla 2 se presentan datos generales de los estudios seleccionados.

**Tabla 2**

*Estudios sobre las explicaciones científicas escolares con estudiantes de 9 a 12 años*

<b>AUTOR Y AÑO</b>	<b>QUÉ SE SOLICITÓ EXPLICAR</b>	<b>ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS QUE PROPICIARON LA EXPLICACIÓN</b>	<b>DATOS OBTENIDOS PARA ESTUDIAR LA EXPLICACIÓN</b>	<b>FUNDAMENTO TEÓRICO PARA ANALIZAR LA COMPLEJIDAD DE LA EXPLICACIÓN</b>
Gómez, <i>et al.</i> (2005)	¿Qué sucede con los seres vivos durante y después de un incendio forestal?	Maquetas de un bosque y simulación de un incendio forestal.	Transcripciones de las explicaciones verbales.	Adaptación de la idea de integración escalar de Pickett <i>et al.</i> (1994).
Meneses <i>et al.</i> (2018)	¿Cómo cambia la materia de estado sólido a estado líquido? y ¿Cómo se junta el brazo con el antebrazo?	Uso de vocabulario científico y de recursos lingüísticos como nexos causales y conectores temporales.	Explicaciones escritas.	Principios de la Lingüística Sistemática Funcional (Fang, 2005).
De Andrade <i>et al.</i> (2019)	Hay dos vasos de agua y a uno se le agregó azúcar y ahora no es posible distinguir un vaso de otro ¿Qué pasó? ¿Cómo	La indagación.	Explicaciones escritas.	Marco de Braaten y Windschitl (2011).

	sucedió? <sup>5</sup>			
Sommer Lohrmanna y Cabello (2020)	¿Por qué proliferan microorganismos cuando se descomponen los alimentos?	Andamios lingüísticos y ejercicios de metacognición.	Explicaciones escritas.	Adaptación de la perspectiva cognitivo-lingüística de Jorba (2010).
Cabello, <i>et al.</i> (2021)	¿Por qué se mueve el suelo?	Proyección de audiovisuales y material didáctico como el rompecabezas sobre placas tectónicas.	Explicaciones icónicas (dibujos).	Adaptación de los criterios de Park <i>et al.</i> (2020).

---

<sup>5</sup> El estudio incluye la presentación de tres situaciones hipotéticas, en la tabla 2 se coloca únicamente el ejemplo de una de ellas. Para conocer las otras situaciones hipotéticas que se plantearon al estudiante, favor de remitirse al apartado donde se describe la naturaleza de los estudios.

Para describir los estudios que aparecen en la tabla 2 se tomaron en cuenta los siguientes elementos: a) el nombre del estudio, b) la población con que se realizó el estudio, c) la pregunta que se formuló al alumno para propiciar la explicación, d) las estrategias didácticas que se utilizaron en la secuencia didáctica para favorecer la elaboración de explicaciones, e) el fundamento teórico que sustenta el análisis de las explicaciones, f) los criterios de análisis con que se caracterizó la complejidad de las explicaciones, g) los resultados que obtuvieron y, h) los puntos de reflexión que provoca el estudio y que se pretenden considerar para fortalecer nuestra propuesta de investigación.

Gómez *et al.* (2005) desarrolló un proyecto de investigación titulado *Construcción de explicaciones causales en la escuela primaria: los seres vivos en interacción con el medio* con estudiantes españoles de 5to grado de primaria, donde se analizaron las explicaciones sobre la relación del ser vivo con el hábitat durante una actividad práctica. En el proyecto se implementó una secuencia didáctica para que los estudiantes comprendieran que sucedía con los seres vivos durante y después de un incendio forestal. La estrategia didáctica de mayor impacto en la elaboración de la secuencia didáctica fue la construcción y manipulación de una maqueta tridimensional que se utilizó para simular un incendio. Al estudiante se le planteó la pregunta ¿Qué sucede con los seres vivos durante y después de un incendio forestal? A manera que los estudiantes daban respuesta a la pregunta, tenían la oportunidad de manipular la maqueta como medio para enriquecer su explicación y el maestro elaboraba otras preguntas con base en las respuestas que ofrecía el alumno, esto provocó que el estudiante confrontará sus ideas y elaborará una explicación cada vez más detallada.

Las explicaciones de los estudiantes fueron grabadas y transcritas para su posterior análisis. Los criterios que se utilizaron para analizar las explicaciones surgen de una adaptación que se realizó sobre la idea de integración escalar de Pickett *et al.* (1994) y que dio como resultado un sistema de categorías de tres niveles escalares que se denominaron como: generalizaciones, mecanismos y constricciones.

De acuerdo con Gómez *et al.* (2005) las generalizaciones surgen cuando se quiere explicar un fenómeno refiriéndose solamente al organismo vivo, en este caso el

alumno utiliza frases como “cuando hay un incendio, los animales huyen” o “los animales huyen porque ven, oyen y sienten el incendio”. Los mecanismos emergen cuando en la explicación se hace referencia al organismo y su relación con el medio, a los procesos que viven en el medio o a las propiedades del propio organismo. Cuando un niño utiliza mecanismos en su explicación, aparecen frases como: “los animales captan información de lo que ven, observan y sienten y por eso huyen” o “cuando hay un incendio, los animales huyen debido a que captan estímulos del exterior que los ponen en alerta”.

Finalmente, las constricciones surgen en la explicación cuando se expresan las limitantes o facilitadores que producen los procesos del organismo en el medio, las relaciones del organismo con el medio y las propiedades del organismo. En este caso, el estudiante incluye en sus representaciones a la comunidad y el ecosistema empleando frases como: “los animales huyen porque saben que necesitan ir donde tengan lo necesario para sobrevivir, como árboles y alimento y el bosque ya no es un lugar seguro”. En una sola explicación puede aparecer un solo nivel escalar o los tres. Gómez *et al.* (2005) nombra a las explicaciones de mayor complejidad como explicaciones jerárquicamente anidadas y son aquellas que integran los tres niveles escalares.

Los resultados mostraron que los niveles escalares son una buena aproximación para analizar las explicaciones que los estudiantes construyen respecto a los seres vivos. Se encontró que las explicaciones parten generalmente de una generalización, pero, que estas se vuelven más complejas en la medida en que el docente cuestiona intencionalmente al alumno para provocar que integre en sus explicaciones mecanismos y constricciones. Además, se demostró que promover en el estudiante el desarrollo de explicaciones jerárquicamente anidadas contribuye a que este incorpore una visión multicausal sobre los fenómenos.

Este estudio invita a reflexionar sobre la idea de evitar juicios valorativos sobre las explicaciones que conduzcan a encapsularlas como “buenas” y “malas”. Se propone en cambio, observar que las explicaciones, aunque son de complejidad distinta, pueden enriquecerse en la medida en que, el estudiante tenga la posibilidad de

confrontar sus ideas para mejorar su habilidad explicativa y avanzar en la comprensión de los conceptos científicos.

El estudio *Explicaciones científicas: propuesta para la enseñanza del lenguaje académico*, realizado por Meneses *et al.* (2018) con estudiantes chilenos de 4° grado reporta el contraste de las explicaciones iniciales y finales que los estudiantes elaboraron sobre el cambio de estado de la materia y el movimiento músculo – esquelético. En el proyecto se desarrolló una secuencia didáctica que contempló tres fases, en la primera se recuperaron los modelos iniciales que los estudiantes tenían sobre los temas propuestos. En la segunda fase se promovió la comprensión de relaciones causales implicadas en el cambio de estado de la materia y el movimiento músculo – esquelético y, en la tercera fase, se trabajó principalmente con identificar el significado del vocabulario científico involucrado en ambos fenómenos, así como, el uso de recursos lingüísticos como nexos causales y conectores temporales. A los estudiantes se les plantearon las preguntas ¿Cómo cambia la materia de estado sólido a estado líquido? y ¿Cómo se junta el brazo con el antebrazo? Las explicaciones escritas de los estudiantes se digitalizaron para su posterior análisis. Los criterios que se utilizaron para analizar las explicaciones se basan en los principios de la Lingüística Sistémica Funcional (Fang, 2005) y se dividen en dos categorías:

- Recursos del lenguaje académico: vocabulario académico disciplinar, vocabulario académico científico, vocabulario académico meta discursivo, nomilizaciones, nexos causales, conectores, marcadores de fuente, marcadores epistémicos, postura enunciativa y lenguaje dependiente del contexto.
- Recurso léxico – gramaticales: longitud, cláusulas, complejidad sintáctica y diversidad léxica.

Debido al número de explicaciones se utilizó el software CLAN (Computerized Language Analysis) para medir la frecuencia de aparición de cada uno de los elementos que integraron las categorías. Los resultados mostraron que hubo un avance significativo en las explicaciones, en las explicaciones finales los estudiantes lograron incrementar principalmente el vocabulario académico científico, vocabulario meta discursivo y uso de nexos causales y disminuyeron las posturas enunciativas y el

lenguaje dependiente del contexto. Además, se reportó un aumento significativo en la longitud de la explicación y se detectó mayor diversidad léxica.

Los autores concluyen que hay evidencia positiva de que las explicaciones mejoraron después de la implementación de la secuencia didáctica y destacan que una limitación de su estudio fue no haber contrastado explicaciones entre secuencias didácticas con y sin integración de actividades que promuevan el desarrollo de la habilidad de explicar en dos momentos similares.

Este estudio invita a la reflexión sobre la consideración de grupos experimentales y grupos control para orientar un estudio que permita caracterizar explicaciones y determinar la efectividad de las propuestas de enseñanza con base en la valoración de avances en las producciones explicativas de los estudiantes. En este sentido, la naturaleza de nuestro estudio pretende solventar esta limitación, contrastando en dos momentos similares la complejidad de explicaciones científicas que producen dos grupos que vivenciaron, una secuencia centrada en el desarrollo de explicaciones y otra enfocada en la enseñanza regular.

El estudio *Construcción de explicaciones científicas escolares: un sistema de análisis para las explicaciones de los estudiantes* realizado por De Andrade *et al.* (2019) exploró la complejidad de las explicaciones que elaboraron estudiantes portugueses de octavo grado en el marco de una secuencia didáctica sobre los fenómenos a) la disolución de sólidos en líquidos, b) la condensación del agua y c) la expansión térmica del gas. La secuencia didáctica que se implementó integró actividades de indagación como propuesta para desarrollar las explicaciones en el contexto escolar. Al estudiante se le plantearon estas situaciones:

- a) Hay dos vasos de agua y a uno se le agregó azúcar y ahora no es posible distinguir un vaso de otro ¿Qué pasó? ¿Cómo sucedió?
- b) Una lata se saca de la nevera y se coloca en la mesa y se observan pequeñas gotas en su superficie ¿Qué pasó? ¿Cómo sucedió?
- c) El brazo (I) del tubo U se cerró y el brazo (II) permanece abierto. Se calentó el brazo (I) del tubo U y la columna de agua coloreada se desplazó hacia el camino del brazo abierto del tubo U ¿Qué pasó? ¿Cómo sucedió?

Las explicaciones escritas de los estudiantes se digitalizaron para su posterior análisis. El análisis de explicaciones inició con una clasificación de los textos producidos por los estudiantes en no explicaciones, pseudo explicaciones y explicaciones. Los criterios para realizar dicha clasificación fueron la relevancia de la explicación según su relación con el fenómeno, el marco conceptual presente en la explicación y el nivel de reformulación del conocimiento científico. En este nivel las explicaciones se clasificaron en “no explicaciones”, “pseudo explicaciones” y “explicaciones”. En un segundo análisis solamente se analizaron los textos que se clasificaron como “explicaciones”, para detectar las relaciones causales y los niveles de representación expresados en la producción, este análisis se realizó con base en el marco de Braaten y Windschitl (2011).

En el primer nivel de análisis se mostró que textos que se clasificaron como no explicaciones carecían de un marco conceptual. Por tanto, este tipo de explicaciones se presentaron como que contenían ideas intuitivas y de origen tautológico. Los estudiantes realizaban afirmaciones que no consideraban las circunstancias en las que se originaba el fenómeno. Un ejemplo de este tipo de explicaciones fue: “el azúcar se derritió y no puedes verlo a simple vista”.

Las pseudo explicaciones se caracterizaron por tener un contenido meramente descriptivo y se subclasificaron en *macro descriptivas*, *mix descriptivas* y *asociativas*. La característica principal de las macro descriptivas fue que incluyeron respuestas basadas en la observación común de las propiedades y funciones de los elementos que integran el fenómeno. Por ejemplo: “no se puede distinguir el agua del azúcar, porque es una mezcla homogénea y homogéneo, significa que no se puede ver”.

Las explicaciones mix descriptivas se distinguieron porque los estudiantes lograron introducir elementos relevantes participantes en el fenómeno y establecieron relaciones causales. Por ejemplo: “no se puede distinguir si no pruebas el contenido del vaso, necesitamos el gusto para distinguir, porque no se puede a simple vista. Pero, si sabemos que hay partículas de agua y azúcar en uno de los vasos”.

Las explicaciones asociativas se caracterizaron porque se encontraron asociaciones entre los elementos participantes de un fenómeno. Por ejemplo: “las

partículas de azúcar se han esparcido dentro de las partículas de agua, ocupando sus espacios vacíos. Entonces, no se puede percibir el azúcar en el fondo y no se logra distinguir cuál es el vaso de agua que contiene azúcar”.

En el segundo nivel de análisis, los textos clasificados como explicaciones se subdividieron en *explicaciones simples* y *explicaciones complejas*. Las primeras se caracterizaron por tener niveles de representación submicroscópico. Es decir, que los niños utilizaron elementos y funciones no observables, pero, que ocurren en el fenómeno y con base en ello elaboraron inferencias. Un ejemplo fue: “no se puede distinguir, ya que pasado un tiempo el azúcar se disolvió completamente en el agua. Debido a que las partículas de azúcar siempre estuvieron en movimiento y ocuparon los espacios vacíos del agua”. Las segundas se caracterizaron porque incluían información que permitía rastrear la historia causal del fenómeno en cuestión. Por ejemplo: “no se puede distinguir un vaso de otro porque el azúcar se disuelve en el agua y todas las partículas están en movimiento, esto genera que ambos corpúsculos se mezclen entre sí y se ocupen los espacios vacíos”.

A modo de conclusión, se detectó que los estudiantes tienden a elaborar explicaciones mix descriptivas de manera frecuente y son pocos los que alcanzan niveles más complejos para explicar. También se señaló que la complejidad del fenómeno influye directamente en cómo los estudiantes explican, en este estudio los estudiantes tuvieron más dificultades para elaborar explicaciones que ofrecieran respuesta a la pregunta dos.

De este estudio se rescata la importancia de diseñar actividades didácticas como la indagación que permitan al estudiante reconocer los elementos macroscópicos y microscópicos involucrados en un fenómeno, ya que de esto influye directamente en los niveles de representación que incorpora en la elaboración de la explicación. Este estudio también ofrece una buena aproximación a cómo diseñar un sistema de análisis consistente con la literatura y que resulta útil para valorar la complejidad de la explicación y detectar los obstáculos que están limitando la elaboración de explicaciones complejas.

Sommer Lohrmann y Cabello (2020) llevaron a cabo un estudio titulado "*Andamios de retiro gradual. Parte 2: Apoyos a la construcción de explicaciones en ciencia primaria*" con estudiantes chilenos de 5to grado de primaria, donde se analizó la evolución de explicaciones que los estudiantes construyeron sobre la proliferación de microorganismos. La secuencia didáctica que implementaron se desarrolló con la finalidad de que los estudiantes profundizaran sobre las condiciones en las que se multiplican los microorganismos en situaciones de la vida cotidiana, por ejemplo, cuando se descomponen los alimentos. Las estrategias de mayor relevancia en la secuencia didáctica fue el uso de andamios lingüísticos como: el apoyo del docente, el trabajo entre pares y en pequeños grupos y el uso de ejercicios de metacognición.

Los datos que se obtuvieron para analizar la explicación fueron escritos de los estudiantes donde dieron respuestas a preguntas como ¿Por qué proliferan microorganismos cuando se descomponen los alimentos? Inicialmente, se registraron las explicaciones iniciales o de sentido común y en el transcurso de la secuencia didáctica los estudiantes tuvieron la oportunidad de reelaborar cinco veces la explicación, donde debían de incluir la descripción del fenómeno y el fundamento científico de este.

Las explicaciones fueron analizadas con una rúbrica que incluyó cinco criterios: descripción del hecho, afirmación causal, suficiencia de la fundamentación, precisión de la fundamentación y coherencia. A cada criterio correspondían los niveles de no logrado, en desarrollo y logrado. El diseño de la rúbrica se fundamentó en la perspectiva cognitivo-lingüística para la valoración de explicaciones científicas de Jorba (2010).

Los resultados obtenidos mostraron que los estudiantes tuvieron un avance significativo en la elaboración de sus explicaciones, se encontró que desde la segunda explicación se incrementaron los niveles de los criterios que se establecieron en la rúbrica, avanzando de un nivel no logrado a un nivel en desarrollo y también se notaron diferencias importantes comparando los porcentajes de avance entre la explicación inicial y la explicación final. Es importante mencionar, que la presentación de resultados que se realizó en el estudio es generalizada y no se precisó con detalle

cómo fue la evolución de cada uno de los criterios que se establecieron en la rúbrica. Esto dificulta observar en qué criterio o criterios se tuvieron las mayores dificultades al momento de elaborar explicaciones. En el estudio se concluyó que los andamios lingüísticos y ejercicios de metacognición sirven para propiciar la elaboración de textos explicativos con mayor coherencia y fundamentación, debido a que el alumno tiene la oportunidad de organizar y confrontar sus ideas, para reformularlas y elaborar explicaciones más detalladas.

El estudio es una buena aproximación para la valoración de explicaciones científicas desde una perspectiva cognitivo-lingüística, pero, no queda clara la relación entre los criterios que propone (Jorba, 2010) y los criterios presentados en la rúbrica, sino que estos quedan a la interpretación del lector. Además, el diseño del instrumento que se empleó para analizar las explicaciones parece ambiguo debido a que, en las descripciones de los niveles, no se expresa con claridad el significado de algunos términos que anteceden a lo que el alumno debe de cumplir, por ejemplo, en la frase: “relaciona en forma medianamente lógica los diferentes elementos de la explicación”, no queda claro a qué se refiere con “medianamente lógica”, lo que influye directamente en la valoración de la explicación, ya que lo “medianamente lógico” adquiere diferentes significados, según la persona que lo esté interpretando.

Esto lleva a reflexionar sobre la importancia de elaborar reglas de inclusión para la descripción de criterios y niveles que se incluyen en el instrumento que se utiliza para valorar la complejidad de las explicaciones, ya que esto posibilita orientar con mayor exactitud la interpretación de datos y ofrecer una caracterización más detallada de las explicaciones.

Cabello *et al.* (2021) presentan el estudio: “*Razonamiento de estudiantes de primaria en explicaciones dibujadas basadas en una teoría científica*” que se implementó con estudiantes chilenos de 4° grado de primaria para valorar la evolución de las explicaciones que los estudiantes hicieron sobre el movimiento de las placas tectónicas. La secuencia didáctica incluyó estrategias *exprofeso* para la elaboración de explicaciones, entre las que resaltan la proyección de audiovisuales, rompecabezas sobre placas tectónicas y conferencias sobre la estructura de la tierra y las placas

tectónicas. La pregunta que planteada fue ¿Por qué se mueve el suelo? Los estudiantes daban respuesta a la pregunta mediante la elaboración de explicaciones icónicas (dibujos) que realizaban en papel. A lo largo de la secuencia didáctica elaboraron varios dibujos donde iban incorporando lo aprendido y se utilizó un método comparativo constante para determinar los avances en sus explicaciones icónicas.

Los criterios de análisis fueron una adaptación de los criterios propuestos por Park *et al.* (2020) que incluyen la complejidad de la representación pictórica, la representación de relaciones causales y la expresión de modelos teóricos. Con base en estos criterios se diseñó una rúbrica de codificación para las explicaciones dibujadas por los estudiantes de primaria. En la rúbrica se definieron tres categorías: la descripción donde se valoró la complejidad de la representación pictórica, los detalles donde se incluyó la representación de relaciones causales y el razonamiento donde se incorporó la expresión de modelos teóricos. Para cada una de las categorías se definieron cuatro niveles que fueron del 0 al 3, a mayor nivel, mayor grado de complejidad.

Los resultados del estudio mostraron que la complejidad de las explicaciones icónicas variaba significativamente a medida que avanzaba la secuencia didáctica. Por ejemplo, en la descripción, la mayoría de las explicaciones logró evolucionar en la integración de una diversidad de elementos que indicaban movimiento, fricción y choque entre las placas tectónicas. En la categoría de detalles, las explicaciones progresaron en la explicitación de relaciones causales que los estudiantes identificaban con flechas y etiquetas para intentar explicar cómo se propiciaban las interacciones entre las placas tectónicas. Sin embargo, en la categoría de razonamiento tuvieron dificultades para expresar los modelos teóricos relacionados con el movimiento de placas tectónicas. La ausencia de expresión de modelos teóricos en los dibujos lleva a pensar en los factores que podrían estar incidiendo en los resultados obtenidos. El primero está relacionado con el diseño e implementación de la secuencia didáctica utilizada, consideraron que esta quizá no fue lo suficientemente adecuada para provocar que los estudiantes expresaran modelos teóricos en sus explicaciones. El segundo factor considerado fue la naturaleza del instrumento que se utilizó para obtener el registro de las explicaciones, concluyeron que, probablemente, la

elaboración de un dibujo por sí solo no es suficiente para obtener un registro complejo de la explicación que considere la expresión de modelos teóricos, por lo que se podría haber complementado con un texto explicativo.

Esto conduce a reflexionar sobre la importancia de diseñar actividades didácticas bien pensadas que favorezcan la habilidad explicativa en los estudiantes y, por otro lado, detenerse en el análisis de las ventajas y desventajas del instrumento que se pretende utilizar para tomar el registro de las explicaciones y con base en la detección de las posibles limitaciones, pensar en alternativas que puedan fortalecerlo para obtener explicaciones detalladas.

Los estudios presentados son ejemplos relevantes de cómo promover y caracterizar las explicaciones científicas escolares. A manera de síntesis, la revisión permitió acercarse a pensar sobre qué estrategias incluir en el diseño de secuencias didácticas para favorecer la explicación, tales como: la maqueta y la simulación que propuso Gómez *et al.* (2005) el uso de vocabulario científico y de recursos lingüísticos como nexos causales y conectores temporales (Meneses *et al.*, 2018), la indagación (De Andrade *et al.*, 2019), los andamios lingüísticos y ejercicios de metacognición que desarrollaron Sommer Lohrmann y Cabello (2020) y la proyección de audiovisuales y uso de material didáctico de Cabello *et al.* (2021). Las estrategias tienen en común que ofrecen al alumno la oportunidad de activar habilidades cognitivas de alta complejidad como analizar, cuestionar, interpretar, inferir y, posteriormente, estas habilidades se expresan mediante el lenguaje en la elaboración de explicaciones propias.

Además, cada estudio aporta una perspectiva diferente para el análisis y clasificación de explicaciones como, la idea de integración escalar de Pickett *et al.* (1994), los Principios de la Lingüística Sistémica Funcional de Fang (2005), el Marco de Braaten y Windschitl (2011), la perspectiva cognitivo-lingüístico de Jorba (2010) y los criterios propuestos por Park *et al.* (2020). Aunque las perspectivas tienen elementos diferentes, comparten la idea de caracterizar las explicaciones en función de su complejidad con el propósito de mejorar la habilidad y producción explicativa del alumno. Estos componentes son importantes tanto para diseñar secuencias didácticas

que permitan desarrollar la explicación científica en el ámbito escolar, como para caracterizar a esta como producto en un texto explicativo.

La revisión de antecedentes promovió la reflexión sobre las fortalezas y limitantes de los estudios, derivado de este proceso de reflexión se han considerado las siguientes pautas que fortalecen nuestra propuesta de investigación: a) la importancia de no emitir juicios valorativos que clasifiquen a las explicaciones como “buenas” o “malas”, b) la selección de grupos con y sin desarrollo de secuencias didácticas *exprofeso* que permita un estudio comparativo para señalar la influencia de la propuesta didáctica con base en el contraste de las caracterizaciones de las explicaciones de ambos grupos, c) la necesidad de diseñar actividades didácticas que orienten al estudiante en el reconocimiento de los elementos macroscópicos y microscópicos involucrados en un fenómeno, d) la revisión en la claridad y precisión de los criterios con los que se pretende analizar la complejidad de la explicación para evitar ambigüedades y, e) dar la oportunidad al estudiante de emplear dibujos y enunciados en la elaboración de sus explicaciones para obtener un registro significativo para caracterizar la complejidad de explicación.

### **1.5 Estudios sobre explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos**

El estudio sobre las explicaciones que elaboran los estudiantes sobre la digestión de alimentos es un campo que ha llamado la atención de varios investigadores. Los resultados obtenidos en sus estudios reportan cómo los estudiantes de estas edades conciben la estructura y funcionamiento del sistema digestivo y señalan las dificultades y limitaciones que se detectan frecuentemente en sus explicaciones. La revisión de estas investigaciones brinda referentes para pensar qué tipo de estrategias didácticas podrían favorecer la elaboración de explicaciones complejas sobre la digestión de alimentos que incluyan nociones más integradas al saber científico. La selección de estudios se realizó en función de los siguientes criterios:

- a) Que fueran realizados con estudiantes entre 9 y 12 años,
- b) Que contarán con diseño metodológico claro y sólido y,
- c) Que estuvieran publicadas en revistas indexadas

En la tabla 3 se presentan datos generales de los estudios seleccionados.

**Tabla 3**

*Estudios de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos que elaboran estudiantes de 9 a 12 años*

AUTOR Y AÑO	NOMBRE DEL ESTUDIO	SOLICITUD REALIZADA A LOS ESTUDIANTES
Banet y Núñez (1988)	<i>Ideas de los alumnos sobre la digestión: aspectos fisiológicos</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dibujar en una silueta humana el camino que recorre un pedazo de pan y un vaso de agua y explicar con enunciados su dibujo.</li> <li>- Responder preguntas sobre:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) El orden de importancia de los órganos del sistema digestivo.</li> <li>b) En qué consiste la digestión y cómo sucede.</li> <li>c) En qué parte del sistema digestivo tiene lugar la absorción y cuál es la naturaleza de las sustancias absorbidas.</li> </ul> </li> </ul>
Cubero (1998)	<i>Aprendizaje de la digestión en la enseñanza primaria</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dibujar en una silueta humana lo que sucede con la comida después de ingerirse.</li> <li>- Responder preguntas sobre:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Los órganos que forman el sistema digestivo.</li> <li>b) Las ideas sobre las etapas del proceso de digestión.</li> <li>c) La relación del sistema digestivo con otros sistemas.</li> </ul> </li> </ul>
León-Sánchez et al. (2005)	<i>Las ideas de los niños acerca del proceso digestivo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dibujar en la silueta humana el trayecto de la comida una vez que se ha ingerido.</li> <li>- Responder preguntas sobre:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) La conceptualización dinámica o estática de los órganos del sistema digestivo.</li> </ul> </li> </ul>

		<p>b) La trayectoria del alimento a lo largo del sistema digestivo.</p> <p>c) La distribución de nutrientes en el organismo.</p>
Teixeira (2000)	<p><i>¿Qué sucede con lo que comemos? Concepciones infantiles sobre la estructura y función del sistema digestivo</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dibujar las partes del cuerpo por donde pensaban que pasaría un chocolate que habían ingerido.</li> <li>- Responde preguntas sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) La estructura del sistema digestivo.</li> <li>b) La trayectoria y transformaciones del alimento ingerido.</li> </ul> </li> </ul>
Cakici (2005)	<p><i>Explorando la comprensión de los alumnos turcos de nivel superior de primaria sobre la digestión</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Responder las preguntas: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) ¿Qué significa digerir la comida?</li> <li>b) ¿Qué ayuda a la descomposición de los alimentos en los órganos digestivos?</li> <li>c) ¿En qué parte del cuerpo comienza y termina la digestión?</li> </ul> </li> </ul>
Carvalho et al. (2004)	<p><i>Concepciones de niños portugueses sobre la digestión: identificación de obstáculos de aprendizaje</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dibujo en una silueta humana el trayecto de una galleta después de haberse ingerido.</li> <li>- Responder preguntas para rescatar información sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Las concepciones sobre la estructura del sistema digestivo.</li> <li>b) Las transformaciones del alimento en el sistema digestivo.</li> <li>c) Las concepciones sobre el paso de los alimentos digeridos a la sangre y, posteriormente, a través del cuerpo.</li> </ul> </li> </ul>

La descripción de los estudios se realiza considerando los siguientes elementos: el nombre del estudio, la población con que se llevó a cabo, los instrumentos que se utilizaron, las categorías o áreas en las que se dividió el estudio, los resultados obtenidos y las sugerencias que realizan los autores para abordar la digestión de alimentos en la enseñanza.

El estudio de Banet y Núñez (1988), titulado *Ideas de los alumnos sobre la digestión: aspectos fisiológicos*, se centró en comparar las ideas sobre la digestión de tres grupos de estudiantes españoles de diferentes edades. El primer grupo fue el Ciclo Superior de EGB (11 y 12 años), el segundo 3º de BUP (14 y 15 años) y el último grupo 3º de la Especialidad en Ciencias (19 y 20 años). Para fines de nuestra investigación se reportan, únicamente, los resultados que se encontraron con el grupo de Ciclo Superior de EGB. En este estudio se aplicaron dos instrumentos, un cuestionario donde se solicitó a los estudiantes dibujar en una silueta humana el camino que recorre un pedazo de pan y un vaso de agua y explicar con enunciados aquello que habían dibujado. También se realizó una entrevista semiestructurada para cuestionar a los participantes sobre a) el orden de importancia de los órganos del sistema digestivo, b) en qué consiste la digestión y cómo se realiza y c) en qué parte del sistema digestivo tiene lugar la absorción y cuál es la naturaleza de las sustancias absorbidas.

Después de analizar los resultados, en el orden de importancia que se les atribuye a los órganos del sistema digestivo se mostró que los estudiantes consideraban al estómago como el órgano más importante e incluso lo señalaron como el único responsable de la digestión de los alimentos. Después del estómago, otros órganos considerados como importantes fueron los intestinos, el ano y la boca. Tanto en los dibujos, como en las entrevistas, los estudiantes tenían imprecisiones para determinar las conexiones entre los órganos. Por ejemplo, consideraron que el hígado y el páncreas vierten sus secreciones en el estómago y que, el intestino delgado es un lugar de absorción, pero, sin actividad digestiva.

Sobre en qué consiste y cómo se realiza la digestión se demostró que en varios casos había escasa o nula comprensión del fenómeno, se observaron dificultades para establecer cómo se realizaba la digestión, los enunciados se relacionaban más con intentar definir la digestión en lugar de explicar los procesos que dan origen a este fenómeno biológico. De ahí que los participantes utilizaban con frecuencia frases como: “es una serie de pasos para asimilar el alimento”, “es cuando el cuerpo toma los alimentos y los mezcla con los jugos”, “es la separación de sustancias buenas y malas del alimento”, “es la descomposición de los alimentos”.

En este apartado también se analizó la función de los jugos digestivos en la digestión, y como resultado se obtuvo que con frecuencia los participantes mencionaban que los jugos digestivos servían simplemente “para dar gusto a los alimentos” o bien, “para destruir los gérmenes de la comida”. Un porcentaje menor señaló que su papel consistía en “ablandar el alimento”. Los jugos digestivos nombrados con mayor frecuencia fueron, el jugo pancreático, la bilis y el jugo gástrico, la saliva fue poco reconocida y no se le atribuyó ninguna función digestiva.

En cuanto a en qué parte del sistema digestivo tiene lugar la absorción y cuál es la naturaleza de las sustancias absorbidas, se mostraron respuestas atípicas, había estudiantes que señalaban que la absorción se daba en la boca o el esófago, confundiendo así los términos de absorción con ingestión. Otro porcentaje enunció que la absorción tenía lugar en el estómago y que los intestinos eran los órganos donde se formaban y depositaban los desechos. Sin embargo, una mayor frecuencia de estudiantes dijo que la absorción se daba en el intestino delgado e incluso, hicieron referencia a la presencia de vellosidades intestinales a las que describieron como poros, pelillos y glándulas. En relación con la naturaleza de las sustancias absorbidas, los estudiantes mencionaron que los alimentos contienen sustancias buenas y malas y que, las buenas son las que se absorben y las malas las que el cuerpo desecha, cuando se les solicitó nombrar tipos de sustancias que el intestino absorbía los estudiantes aludían primordialmente a los alimentos como la leche y difícilmente mencionaban a los nutrientes.

Derivado de las dificultades que se encontraron en las ideas de los alumnos sobre la digestión, Banet y Núñez (1988) sugirieron replantear los mecanismos y estrategias de la enseñanza de las Ciencias, haciendo énfasis en observar y atender los errores que aparecen en las ideas que verbalizan, escriben o dibujan los estudiantes para favorecer nociones más apropiadas sobre la estructura y funcionamiento del sistema digestivo.

El estudio de Cubero (1998), titulado *Aprendizaje de la digestión en la enseñanza primaria*, se realizó con grupos de estudiantes españoles de 8 a 11 años. La naturaleza de este estudio fue de carácter longitudinal porque, su objetivo fue

caracterizar la evolución de las explicaciones sobre la digestión que elaboran los alumnos durante el transcurso de la educación primaria. Sin embargo, aquí se rescatan únicamente las ideas presentes en los estudiantes de 10 y 11 años. En este estudio se otorgó a los participantes una hoja con una silueta humana donde debían dibujar lo que pasaba con la comida después de ingerirse. Este instrumento fue de carácter exploratorio, ya que una vez que se atendía la solicitud, se aplicó una entrevista semi – estructurada donde se formularon preguntas que buscaban aproximarse al conocimiento que poseía el estudiantado sobre a) los órganos que forman el sistema digestivo, b) ideas sobre las etapas del proceso de digestión y c) la relación del sistema digestivo con otros sistemas.

En los órganos que forman el sistema digestivo y su función, se detectó que, generalmente, los niños tienden a enunciar y representar órganos cercanos a su experiencia. De esta manera, el estómago, la boca y los intestinos son los órganos que se nombran con mayor frecuencia y otros como el esófago, el páncreas y el hígado son escasamente recordados. Además, en las representaciones que se realizan, generalmente, se colocan etiquetas inapropiadas a algunos órganos, por ejemplo, el estómago se le atribuyen nombres como panza o barriga.

En las ideas sobre el proceso de digestión, se encontró muy presente la idea de asignar una función a cada uno de los órganos. Por ejemplo, la boca mastica, el estómago hace la digestión y el ano elimina el desecho. Estas funciones no se desarrollan en términos de transformaciones, sino que se asocia una función estática a los órganos involucrados. Esto conduce indirectamente a los estudiantes a explicar la digestión como un simple recorrido de los alimentos a través del sistema digestivo, en donde los alimentos se modifican únicamente en tamaño, haciéndose cada vez más pequeños. Para los estudiantes la digestión es un proceso donde el cuerpo toma aquello que le funciona y expulsa lo que no le sirve. Este tipo de expresiones demuestran que el estudiantado no tiene una comprensión real sobre la digestión.

En cuanto a la relación del sistema digestivo con otros sistemas, se mostró que fue difícil encontrar en los dibujos y enunciados de los estudiantes relaciones entre el sistema digestivo con otro tipo de sistemas como el circulatorio. Es decir que, aunque

reconocen que el alimento que ingerimos sirve para actividades como moverse y crecer, en el estudio se detectó que los estudiantes tienen dificultades para explicar cómo llegan los nutrientes a las células del organismo.

A partir de los resultados obtenidos, Cubero (1998) reflexiona sobre la necesidad de diseñar secuencias didácticas que consideren actividades que provoquen cambios estructurales en la comprensión sobre el sistema digestivo. Dichos cambios deben incorporar la relación del sistema digestivo con otros sistemas del cuerpo humano y la introducción de transformaciones químicas implicadas en este fenómeno.

El estudio de León-Sánchez *et al.* (2005), titulado *Las ideas de los niños acerca del proceso digestivo*, recuperó las ideas que formulan los estudiantes mexicanos de tres grupos de edades G1 (6 - 7 años), GII (8 - 9 años) y GIII (10 - 11 años) sobre la digestión. Aquí se comunican los resultados que corresponden al GIII. Los instrumentos que se utilizaron fueron un dibujo y una entrevista semiestructurada. El dibujo se utilizó para complementar las respuestas orales, se indicó que podían apoyarse haciendo dibujos en una silueta del cuerpo humano para ampliar sus respuestas. Algunas de las preguntas que se realizaron fueron: ¿En qué parte del cuerpo se encuentra el estómago? ¿Para qué sirve el estómago? ¿Qué sucede con la comida después de que te la comes? ¿A qué parte de tu cuerpo crees que se va la comida? ¿Cómo llega allí la comida? Las respuestas de los estudiantes se codificaron para registrar sus ideas sobre a) la conceptualización dinámica o estática de los órganos del sistema digestivo, b) la trayectoria del alimento a lo largo del sistema digestivo, c) distribución de nutrientes en el organismo.

Los resultados del estudio indican que los estudiantes confieren principalmente a los órganos del sistema digestivo una función estática. Por ejemplo, al estómago se le atribuye una función de contenedor. Además, en algunos casos, éste se considera como el órgano último y prominente del sistema digestivo.

Cuando se analizó la trayectoria del alimento a lo largo del sistema digestivo, se detectó que los estudiantes refieren con alta frecuencia dos secuencias, la primera considera la entrada - estómago (con o sin) salida y la segunda entrada -estómago - distribución - salida. En ambas secuencias no consideraron las transformaciones

bioquímicas, pero, si eludieron sobre las transformaciones físicas, utilizando frases como “la comida se muele, mezcla, revuelve”, etcétera. Esto se relacionó con la idea de que los participantes no tienen dificultades para señalar la presencia de los órganos que se relacionan con las transformaciones físicas en la digestión, pero, sí, para integrar las sustancias químicas como la saliva, los jugos digestivos, la bilis y los jugos pancreáticos implicadas en las transformaciones bioquímicas. Finalmente, se observó que omiten con facilidad la etapa de absorción. Generalmente, no la consideran en una primera explicación sobre la digestión, sino que se tienen que realizar preguntas que orienten al participante a profundizar sobre esta etapa.

En la distribución de los nutrientes en el organismo también se detectaron algunas limitaciones. Por ejemplo, los estudiantes refieren con frecuencia que la comida se convierte en energía en el estómago o en el intestino delgado y viaja en forma de oxígeno por medio de las venas. Pero, solo llegan a partes de cuerpo que tienen venas como las manos, la cabeza y los pies, pero no se extienden a otras áreas corporales como los ojos, las uñas o el pelo, porque desde la percepción del estudiante, estos tejidos no tienen venas. También se detectó que el conjunto de ideas que tienen sobre la naturaleza de los alimentos se imprime en las concepciones que tienen sobre la absorción y distribución de nutrientes. Así, la concepción dualista de nutritivo – chatarra afecta las concepciones sobre la digestión, absorción y distribución de nutrientes. De ahí que los participantes mencionen que la comida chatarra no se absorbe y tampoco se distribuye, sino que se ingiere y se desecha rápidamente. En cambio, la comida nutritiva pasa mayor tiempo en el cuerpo hasta que se absorben las “vitaminas y minerales” necesarios para el organismo. Por ejemplo, las papitas se ingieren y salen casi inmediatamente por el ano, en cambio, la leche que tiene calcio también se desecha, pero, más lentamente, porque a juicio del estudiante, primero el cuerpo toma el calcio necesario para que los huesos crezcan.

Derivado de los resultados que encontraron sobre las ideas de los estudiantes con respecto a la estructura y funcionamiento del sistema digestivo, León-Sánchez *et al.* (2005) señalan la importancia de aumentar el conocimiento sobre la localización y conexión de los órganos y tejidos que integran el sistema digestivo. Sugieren además, aproximarse al estudio del sistema digestivo desde modelos que incluyan la

concepción dinámica de los órganos y tejidos involucrados y, finalmente, colocan la necesidad de revisar cómo las ideas de conceptualizar a la comida como chatarra - nutritiva afectan en cómo los estudiantes explican la digestión de alimentos.

El estudio de Teixeira (2000), titulado *¿Qué sucede con lo que comemos? Concepciones infantiles sobre la estructura y función del sistema digestivo* se llevó a cabo con estudiantes Brasileños de entre 4 y 10 años. De esta muestra se reportan únicamente los resultados obtenidos con los estudiantes de 10 años. En este estudio los participantes recibieron una barra de chocolate, un lápiz y una hoja de papel con el contorno del cuerpo humano y se les solicitó que dibujarán las partes del cuerpo por donde pensaban que pasaría el chocolate que habían ingerido. Después se les entrevistó sobre la estructura y funcionamiento del sistema digestivo y los resultados se analizaron con base en a) la estructura del sistema digestivo y b) la trayectoria y transformaciones del alimento ingerido.

Con relación a la estructura del sistema digestivo, los participantes señalaron con mayor frecuencia a la boca, faringe, esófago, estómago, intestinos y ano. Afirmaron que la comida ingresa por la boca, pasa por el interior del cuerpo hasta la zona del abdomen y, finalmente, se desecha por el ano. Difícilmente, diferenciaban entre el intestino delgado y el intestino grueso y las concepciones no incluían a órganos como el hígado y el páncreas.

En la trayectoria y transformaciones del alimento digerido, los estudiantes coinciden que el alimento ingresa por la boca y se va desplazando al interior del cuerpo hasta la expulsión de desechos por el ano. También indicaron que una parte de lo digerido se queda en el cuerpo mientras que el resto es desechado. Se demostró que los estudiantes entienden que los alimentos se descomponen mediante el proceso de masticación y se van haciendo más pequeños conforme avanzan a lo largo del sistema digestivo, pero, tienen dificultades para mencionar transformaciones bioquímicas. Quienes las mencionan no logran explicar cómo se absorben los nutrientes por el intestino delgado y cómo se distribuyen en el cuerpo humano.

Según Teixeira (2000), los resultados evidencian dificultades que tienen los estudiantes de este rango de edad para comprender las transformaciones bioquímicas

implicadas en la digestión. Por tanto, sugiere que se preste atención a las nociones vinculadas a este tipo de transformaciones, debido a que la representación de la estructura y funcionamiento del sistema digestivo está ampliamente asociada a cómo se explican las transformaciones de los alimentos durante la digestión. Es decir, que a mayor énfasis en las transformaciones bioquímicas, mayores posibilidades de propiciar un conocimiento más elaborado y estructurado sobre el funcionamiento del sistema digestivo.

El estudio de Cakici (2005), titulado *Explorando la comprensión de los alumnos turcos de nivel superior de primaria sobre la digestión*, se aplicó a estudiantes turcos de 10 – 11 años. El instrumento que se empleó para recuperar los datos fue una entrevista semiestructurada donde se preguntó a los participantes a) ¿Qué significa digerir la comida?, b) ¿Qué ayuda a la descomposición de los alimentos en los órganos digestivos?, y c) ¿En qué parte del cuerpo comienza y termina la digestión?

En la pregunta ¿Qué significa digerir la comida? Los participantes ofrecieron respuestas inexactas desde el punto de vista científico, explicaron la digestión como “derretir los alimentos”, “filtrar los alimentos” o “hacer de los alimentos una sopa”. Pocos estudiantes reconocieron que la digestión implica transformar los alimentos para proporcionar nutrientes al organismo. Las respuestas que más se aproximaron a una perspectiva científica refirieron que la digestión era la descomposición de alimentos para que el cuerpo tomara partes útiles y excretará los restos del cuerpo.

A la pregunta ¿Qué ayuda a la descomposición de los alimentos en los órganos digestivos? Los participantes mencionaron a sustancias externas a los jugos digestivos como el agua, mencionaron que esta ayudaba a derretir los alimentos y facilitaba el proceso de digestión. También mencionaron otras sustancias como el aceite de oliva que, según sus respuestas, ayuda a suavizar el estómago y los intestinos para que el alimento se disuelva. Un porcentaje menor indicó que las glándulas salivales de la boca producen la saliva que ayuda a disolver los alimentos o que en el estómago hay un ácido que ayuda a la degradación del alimento. Sin embargo, un alto porcentaje refirió que la estructura propia de los órganos y tejidos es la que contribuye a la

descomposición de los alimentos. Por ejemplo, la boca tiene dientes que ayuda a masticar y triturar el alimento, el estómago se mueve para disolver y revolver los alimentos. Esto indica que los participantes adjudican la transformación del alimento a movimientos de origen mecánico y, difícilmente, lo asocian a transformaciones bioquímicas donde se implican los jugos digestivos.

En la pregunta ¿En qué parte del cuerpo comienza y termina la digestión? Los estudiantes tuvieron una concepción dividida, algunos indicaron que iniciaba en la boca y otros mencionaron que en el estómago. En cuanto a dónde terminaba también hubo respuestas divididas, en orden de frecuencia apareció el estómago, seguido de los intestinos y un pequeño porcentaje señaló el ano. Cabe mencionar que, de acuerdo con los resultados del estudio, este punto causó conflicto en los participantes, ya que si bien el ano se considera parte del sistema digestivo y forma parte de las representaciones simbólicas que se realizan para entender su estructura, la función del ano se limita únicamente a la excreción de desechos y no está relacionado con la digestión de alimentos de forma directa o indirecta, esto causó que los estudiantes tuvieran dudas para decidir en qué órgano terminaba la digestión.

Del estudio de Cakici (2005) se rescata la importancia de reflexionar sobre las representaciones del sistema digestivo que se utilizan tradicionalmente en el aula de clase para promover el conocimiento sobre su estructura y funcionamiento. También sitúan la necesidad de mejorar la comprensión de los estudiantes sobre las concepciones inherentes a las transformaciones que ocurren en la digestión. Para ello sugieren realizar experimentos simples que conduzcan a observar cómo se transforman los alimentos, y así cuestionar sobre los significados que los estudiantes atribuyen a las palabras que utilizan para explicar estas transformaciones como “romper”, derretir”, “disolver” etcétera.

El estudio de Carvalho *et al.* (2004) titulado *Concepciones de niños portugueses sobre la digestión: identificación de obstáculos de aprendizaje* se realizó con estudiantes portugueses de 10 años. En el estudio se entregó a los participantes el dibujo de una silueta humana y se les solicitó que dibujaran las respuestas a las preguntas: ¿A dónde va la galleta después de tragarla?, y ¿Qué le sucede a la galleta al

interior del cuerpo? Aunado a los dibujos, también se les pidió que elaboraran frases donde dieran respuesta a las mismas preguntas. Los resultados se analizaron con base en a) las concepciones sobre la estructura del sistema digestivo, b) las transformaciones del alimento en el sistema digestivo, y c) las concepciones sobre el paso de los alimentos digeridos a la sangre y, posteriormente, a través del cuerpo.

En las concepciones que los estudiantes tienen sobre la estructura el sistema digestivo se encontraron dos modelos frecuentes, el primero con salida y el segundo sin salida. En ambos modelos se señalaron habitualmente órganos como boca, esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso y algunos participantes señalaron al estómago con etiquetas poco apropiadas como barriga o tripas. Es importante mencionar que hubo pocos participantes que lograron dibujar una secuencia continua del tracto digestivo que integrara órganos como el hígado y el páncreas y fue difícil detectar diferencias entre el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso.

Sobre las transformaciones del alimento en el sistema digestivo, los participantes señalaron con frecuencia que la comida, en este caso, la galleta se partía en pedacitos en la boca, así bajaba por esófago y se convertía en migas en el estómago. No se encontraron frases que eludieran sobre las transformaciones bioquímicas implicadas en la digestión y el estudio no reporta datos con respecto a la progresión del alimento en el sistema digestivo después de haber llegado al estómago.

Con respecto a las concepciones sobre el paso de los alimentos digeridos a la sangre y, posteriormente, a través del cuerpo, se encontró que los participantes mencionaban con frecuencia que el intestino absorbía la “parte buena” de la galleta y que la “parte mala” se dirigía al intestino grueso y el cuerpo la desechaba por el ano. Con base en estas ideas se observó que los alumnos tienen percepciones erróneas sobre los procesos de absorción y distribución de nutrientes en el organismo. Además, según su punto de vista los alimentos contienen sustancias buenas y malas y, el organismo elige absorber únicamente las que lo favorecen, dato que es equívoco desde el punto de vista científico.

De los resultados obtenidos Carvalho *et al.* (2004), señalan la necesidad de atender los procesos mecánicos y químicos involucrados en la digestión, el cruce de

alimentos digeridos a la sangre y la conexión entre el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso. Para los dos primeros elementos sugieren diseñar actividades prácticas que permitan al estudiantado observar mecanismos de transformación y de movimiento del alimento y para el último elemento proponen presentar a los estudiantes dibujos representativos del sistema digestivo que permitan observar la diferenciación entre los órganos que lo integran, ya que comúnmente, los dibujos del sistema digestivo no permiten apreciar con facilidad dónde termina un órgano y empieza otro y además hay órganos que se superponen como el estómago con el hígado y el páncreas.

De la revisión de los estudios se concluye que el conocimiento que comúnmente tienen los estudiantes sobre la digestión de alimentos es limitado e insuficiente para elaborar explicaciones detalladas que incorporen ideas con una aproximación más científica. La digestión está íntimamente ligada a cómo se concibe la estructura del sistema digestivo, la cual, como se observó en los estudios presentados, es bastante simple y los órganos que comúnmente enuncia el estudiantado aparecen desconectados unos de otros. Es decir, que tienen dificultades para reconocer la continuidad del sistema digestivo y sus conexiones. La estructura que los estudiantes conciben sobre el sistema digestivo es la misma que utilizan para explicar la digestión y al ser limitada, elaboran explicaciones basadas generalmente en la entrada de alimentos, desplazamiento del alimento y salida de desechos. Estas representaciones sobre el sistema digestivo difícilmente integran la presencia de jugos digestivos, por tanto, en las explicaciones es complicado encontrar ideas que indiquen que, el estudiantado reconoce con amplitud cómo ocurren las transformaciones físicas en el alimento y, que identifica las de tipo bioquímico. Además, los estudios muestran que también hay dificultades para explicar cómo ocurren los procesos de absorción y distribución de nutrientes en el organismo, así como la relación que existe entre nutrientes y alimentos.

De los estudios se rescatan algunas propuestas didácticas para solventar estas dificultades, entre las que sobresalen, aquellas que apuntan a diseñar actividades que permitan al estudiante cuestionarse sobre las ideas que ha construido sobre cómo

sucede la digestión de alimentos y no solo memorizar conceptos e ideas que se formulan alrededor de este fenómeno.

Los estudios brindan una buena aproximación a cómo los estudiantes de un rango de edad (10 – 12 años) explican la digestión de alimentos. Pero, se detectó que no integran un sistema de categorías que permita caracterizar la explicación desde criterios ligados al significado propio de la explicación, sino que la caracterización se hace con categorías íntimamente relacionadas con el conocimiento biológico. Adicionalmente, los resultados de los estudios reportan el estado de las explicaciones en un momento seleccionado al azar en la trayectoria estudiantil de los participantes y no se consideró la caracterización de las producciones explicativas en dos momentos distintos de una secuencia didáctica, lo cual limitó la posibilidad de determinar la influencia de determinadas actividades didácticas en la elaboración de explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos. El estudio que se construye en esta tesis pretende solventar estas áreas de oportunidad.

### **1.6 La explicación científica escolar y la digestión de alimentos en el currículo de estudios vigente**

El Programa de Estudios de Educación Primaria para la enseñanza de Ciencias que utiliza el profesorado actualmente en sexto grado es la versión 2011. En este programa se señala que el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas es un foco prioritario en la enseñanza de las ciencias. Incluso se plantea que el docente desarrolle actividades didácticas que promuevan en el alumno la habilidad de “explicar fenómenos naturales cotidianos relacionados con la vida, los materiales, las interacciones, el ambiente y la salud” (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2011, p. 95). Priorizar en la clase de ciencias el desarrollo de habilidades como la explicación no es reciente, apareció en el Plan de Estudios 1993 como un principio orientador, desde esta década se pensaba que “el hábito de formular explicaciones [...] deberá estimularse desde un momento temprano” (SEP, 1993, p. 69). Inclusive en el Programa de Estudios 2017, cuya aplicabilidad vigente en educación primaria

corresponde solo a primer y segundo grado, también menciona que la promoción de la actividad científica escolar está íntimamente relacionada con la elaboración de explicaciones.

No obstante, a pesar de que los planteamientos curriculares han enfatizado en la importancia del desarrollo de la habilidad explicativa persisten las dificultades para desarrollar prácticas escolares que garanticen su desarrollo en el contexto áulico debido a una gama amplia de factores, entre ellos la carga curricular del Sistema Educativo Mexicano que ha provocado que, “la atención del docente tienda a enfocarse en cubrir los contenidos planeados a través de explicaciones que se quedan en los rasgos superficiales del contenido” (Flores Camacho, 2012, p. 100). Limitando así la posibilidad de que los estudiantes avancen en la construcción de explicaciones científicas escolares de alta complejidad.

En el Programa de Estudios se sugieren algunas modalidades de trabajo que el profesorado puede implementar para propiciar el desarrollo de explicaciones científicas, entre ellas se encuentran:

Favorecer la investigación, considerando aspecto de búsqueda, discriminación y organización de la información, fomentar el uso de modelos para el desarrollo de representaciones que posibiliten un acercamiento a la comprensión de procesos y fenómenos naturales y estimular el trabajo experimental, el uso de las TIC y de diversos recursos de su entorno (SEP, 2011, p. 92).

A pesar de la propuesta de estas modalidades de trabajo existen dificultades para concretar el desarrollo de la habilidad explicativa con los estudiantes. Los planteamientos curriculares son insuficientes y es arriesgado pensar que su formulación en papel garantiza prácticas innovadoras que contribuyan a alejarse de la lógica repetitiva y mecanicista del aprendizaje.

Por otro lado, aunque en el presente trabajo se ha reiterado que el foco es el desarrollo de la explicación como habilidad cognitivo-lingüística, su desarrollo requiere de la elección de una temática curricular como terreno fértil para su potenciación. Esta temática fue la digestión de alimentos que se considera como

prioritaria en el currículo de educación básica porque contribuye a que el alumno comprenda el funcionamiento integral del cuerpo humano. La digestión de alimentos aparece como contenido curricular desde los primeros grados de educación primaria y, en la medida en que los estudiantes avanzan en los grados escolares, la manera en cómo se presenta el contenido se va complejizando.

En sexto grado, la digestión de alimentos se aborda en el primer bloque de estudio de sexto grado de primaria relacionado con el ámbito: *Desarrollo humano y cuidado de la salud*. De acuerdo con el Programa de Estudios 2011, el aprendizaje esperado indica que el estudiante habrá de “explicar el funcionamiento integral del cuerpo humano a partir de la interacción de diferentes sistemas” (SEP, 2011, p. 106).

Es importante subrayar que, el aprendizaje esperado es el resultado de abordar en el transcurso del bloque el estudio de los siguientes sistemas: digestivo, circulatorio, nervioso, inmunológico y glandular. En específico, el sistema digestivo se asocia con contenidos relacionados con la nutrición y la lógica que se propone en el libro de texto, inicia con reconocer los tres grupos de alimentos del Plato del Bien Comer y compartir con el estudiante algunas sugerencias sobre cómo llevar una dieta adecuada. Se hace énfasis en la elaboración de un menú saludable y la importancia del lavado de manos como medida de protección ante infecciones relacionadas con el sistema digestivo.

En el libro de sexto grado ya no aparecen representaciones gráficas del sistema digestivo y tampoco información sobre su funcionamiento, pero, en el Programa de Estudios se solicita que los estudiantes integren conocimiento científico sobre este aspecto. Por tanto, se espera que el docente diseñe actividades de aprendizaje que contribuyan a que el alumno acrecenté su saber científico y logre elaborar explicaciones sobre cómo funciona el sistema digestivo.

Sin embargo, las divergencias entre el planteamiento curricular y la formación continua del docente representan un desafío significativo en el ámbito de la enseñanza de las ciencias. Por un lado, el currículo establece expectativas claras sobre lo que se espera que aprenda el estudiante, incluida la habilidad de explicar. Pero, estas expectativas están al margen de las limitadas experiencias formativas a las que tiene acceso el profesorado. Para abordar esta brecha es necesario invertir en el desarrollo

profesional de los docentes. Esto incluye desarrollar líneas de investigación enfocadas en el desarrollo de la explicación científica en el ámbito escolar, que den como resultado la formulación de orientaciones educativas para guiar al profesorado en el logro de los objetivos curriculares propuestos.

## **CAPÍTULO 2. CONTENIDO DISCIPLINAR**

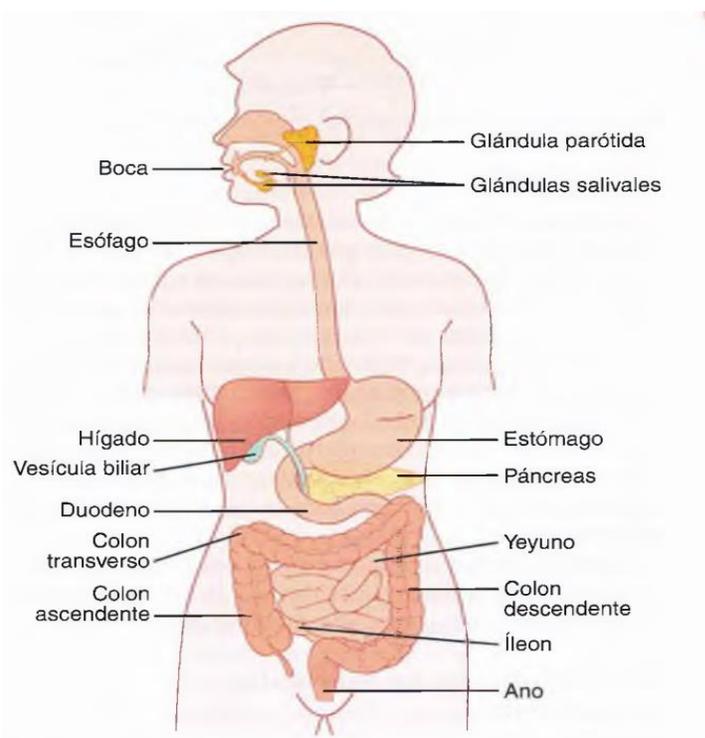
El objetivo de este trabajo de investigación está centrado en la elaboración de explicaciones científicas en el ámbito escolar sobre la digestión de alimentos. Este proceso es fundamental para los humanos porque permite la degradación de los alimentos que ingerimos para obtener los nutrientes que necesitamos para cumplir con funciones diversas como la reparación celular, la respiración, el movimiento, etcétera. En este apartado se documenta cómo ocurre este proceso en el cuerpo humano desde el punto de vista científico. Para ello, se recuperó información en fuentes con rigurosidad científica que incluyen el Tratado de Fisiología Médica de Guyton y Hall (Hall, 2016) y publicaciones en revistas indexadas.

### **2.1 Estructura del sistema digestivo y la función de los órganos y tejidos que lo integran**

Los nutrientes se extraen de los alimentos gracias a las acciones y secreciones de los órganos que integran el sistema digestivo. La digestión comienza en la boca y continúa hasta la expulsión de desechos por el ano. En la figura 2 aparece una representación icónica de la estructura de dicho sistema.

## Figura 2

### *Esquema del sistema digestivo*



Nota. Recuperada del Tratado de Fisiología Medica de Guyton y Hall por Hall, J. 2016. (13ª ed.). Elsevier, p. 753.

Como se observa en la figura 2 la estructura del sistema digestivo incluye una gran diversidad de órganos y tejidos con funciones específicas. A continuación, se detalla la estructura de los órganos y tejidos que tienen mayor impacto en la digestión de alimentos.

- **La boca**

La boca es una cavidad que está diseñada para el ingreso de alimentos al cuerpo humano. La boca posee una estructura más compleja de lo que parece, pero básicamente, se compone de elementos como: la lengua, los dientes, el paladar, aparato masticador y las glándulas salivales. La musculatura de la boca permite mezclar la saliva con los alimentos y moviliza la mandíbula para que los dientes puedan masticar

y triturar el alimento. La saliva también tiene funciones bioquímicas en el proceso de la digestión para la obtención de nutrientes.

- **La faringe**

La faringe se localiza en la parte posterior de la garganta y es “un canal muscular [...] que continúa hacia abajo con el esófago” (Latarjet y Ruiz Liard, 2012, p. 1276). Este órgano, aunque pequeño, es un conducto imprescindible que cumple funciones digestivas y respiratorias en el cuerpo humano; en la función digestiva permite la deglución. La deglución es un proceso complejo que implica tragar los alimentos y líquidos que ingresan a la boca y pasarlos hacia el esófago por medio de la faringe evitando que estos pasen a las vías respiratorias y provoque un ahogamiento en la persona.

- **El esófago**

“El esófago es un órgano tubular de 25 – 30 cm de longitud y con una función motora propulsora del bolo del alimento desde la faringe al estómago” (Bruna Esteban *et al.*, 2020, p. 9). El esófago inicia a la altura de la tráquea y termina en la parte superior del abdomen. Este órgano permite por medio de sus movimientos musculares involuntarios el paso del alimento, los movimientos musculares generan contracciones en forma de ondas peristálticas que contribuyen a la movilidad del bolo alimenticio.

- **El estómago**

El estómago es un músculo involuntario y es el producto del ensanchamiento del tubo digestivo, tiene cinco secciones: el cardias, el fondo, el cuerpo, el antro y el conducto pilórico. Las funciones del estómago son: almacenar grandes cantidades de alimento, mezclar el alimento con secreciones gástricas para formar el quimo y vaciar el quimo al intestino delgado (Hall, 2016). El estómago es un órgano crucial para lograr el proceso de digestión porque secreta sustancias como ácido clorhídrico y

enzimas digestivas que transforman químicamente el alimento. Además, el estómago realiza movimientos musculares que ayudan a mezclar y degradar los alimentos para que estos adquieran una consistencia adecuada para la entrada al intestino delgado.

- **El hígado**

El hígado se encuentra situado en la cavidad abdominal del ser humano. Su aspecto es homogéneo, liso, de color rojo oscuro, el peso de un hígado que corresponde a un adulto es de alrededor 1.500 kg (Latarjet y Ruiz Liard, 2012). Este órgano es indispensable en la digestión porque libera la bilis que contribuye a la emulsión de grasas y las células que lo forman apoyan en la eliminación de bacterias y otras sustancias tóxicas presentes en los nutrientes provenientes del intestino delgado, evitando de esta manera la contaminación de la sangre.

- **El páncreas**

El páncreas es una glándula, alargada y se localiza en el retroperitoneo<sup>6</sup> detrás del estómago, entre el duodeno y el bazo (Moore y Dalley, 2007, p. 286). El páncreas tiene múltiples funciones, pero para fines de la digestión participa con secreción del jugo pancreático hacia el duodeno<sup>7</sup>. Esta secreción contiene diversas enzimas que degradan las grasas, carbohidratos y proteínas.

- **El intestino delgado**

El intestino delgado es un tubo que se localiza en la región abdominal y llega a alcanzar los 6 m de longitud. El intestino se divide anatómicamente en tres partes:

---

<sup>6</sup> Región anatómica del cuerpo que se encuentra en la parte posterior del abdomen (Zuluaga Gómez y Jiménez Verdejo, 2002)

<sup>7</sup> Primer parte del intestino delgado que permite la conexión con el estómago.

duodeno, yeyuno e íleon (Díaz-Rubio y Díaz-Rubio, 2007). El duodeno se encarga de recibir el quimo proveniente del estómago y mezclarlo con los jugos pancreáticos y sales biliares, el yeyuno es donde se produce la mayor parte de la absorción de nutrientes y el íleon permite la conexión entre el intestino delgado y el intestino grueso, el íleon absorbe el agua, los electrolitos y vitaminas que no fueron absorbidas por el yeyuno. Por lo tanto, la función del intestino no solo se restringe a la digestión de los alimentos, sino que también es indispensable en la absorción de los nutrientes de los alimentos que consumimos. Esta absorción se logra debido a que en el interior del intestino delgado existen vellosidades. Para ello, las vellosidades contienen capilares sanguíneos que permiten captar los nutrientes para ser distribuidos por el torrente sanguíneo.

- **El intestino grueso**

El intestino grueso es un órgano de cuatro secciones, conducto del ciego, colon, recto y ano, con una longitud entre 1.4 y 1.8 m. Su principal función es la “reabsorción de agua y electrolitos y la eliminación final del contenido digestivo” (Díaz-Rubio y Díaz-Rubio, 2007, p. 7). Este órgano recibe las porciones de los alimentos que no fueron digeridos y los transforma en heces. El conducto ciego es la primera parte del intestino grueso y se encarga de permitir el paso de los alimentos digeridos, en el colon se absorbe el agua y los electrolitos del residuo alimenticio y forma las heces fecales, el recto almacena las heces fecales antes de la defecación y finalmente, el ano se encarga de expulsarlas.

- **El ano**

El ano es la abertura final del sistema digestivo por el cual se eliminan las heces del cuerpo. Este proceso es conocido como defecación y ocurre cuando un movimiento de masa, fuerza a las heces a penetrar en el recto expulsando el material fecal (Hall, 2016, p. 771). El ano tiene una estructura muscular que permite la salida de

las heces por medio de movimientos de relajación y contracción y también tiene receptores nerviosos que contribuyen a detectar la necesidad de defecar.

## **2.2 Secreciones que participan en la digestión**

La digestión de alimentos se logra debido a la acción muscular de los órganos y tejidos que integran el sistema digestivo y a las secreciones digestivas, en conjunto contribuyen a la degradación de los alimentos para extraer sus nutrientes. A continuación, se hace una breve descripción de las secreciones involucradas en la digestión de alimentos en el cuerpo humano.

- **Secreción salival**

La saliva es un líquido que se produce en las glándulas salivales de la boca. Esta secreción ayuda a degradar a los alimentos para obtener los nutrientes que el organismo necesita. Sus principales componentes 1) una secreción serosa rica en ptialina (una  $\alpha$ -amilasa), que es una enzima destinada a digerir los almidones, y 2) una secreción mucosa con abundante mucina, importante para la lubricación y protección de la superficie (Hall, 2016, p. 775).

La saliva, además de humedecer el alimento para facilitar la masticación y deglución, contribuye, principalmente, a la hidrólisis de carbohidratos complejos y lípidos. La  $\alpha$ -amilasa de la saliva comienza con la conversión de los carbohidratos complejos en azúcares más simples. Asimismo, la saliva contiene a la lipasa lingual que ayuda a la hidrólisis de los lípidos (Hall, 2016). En resumen, la saliva complementa la acción mecánica que produce la musculatura bucal y los dientes, con una acción química mediada por las enzimas.

- **Secreción de jugos gástricos**

El estómago tiene glándulas que secretan jugos gástricos que son importantes para continuar con el proceso de la degradación de los alimentos para obtener nutrientes. Las glándulas encargadas de esta secreción son las glándulas tubulares oxínticas (o gástricas) y las pilóricas. Las glándulas oxínticas producen y secretan el ácido clorhídrico, pepsinógeno y factor intrínseco. Cada uno de estos componentes tiene una función específica. Por ejemplo, el ácido clorhídrico acidifica el ambiente, con lo que elimina la gran mayoría de las bacterias presentes en los alimentos, a la vez que permite actuar a la pepsina (enzima) que contribuye a la hidrólisis de proteínas. Mientras que, las glándulas pilóricas producen y secretan principalmente moco, protegiendo la mucosa pilórica frente al ácido gástrico (Hall, 2016, p. 777). Por lo tanto, tanto la mezcla de secreciones y sus funciones son indispensables para la digestión de alimentos para obtener los nutrientes requeridos.

- **Secreción de bilis**

La bilis es una secreción compuesta principalmente por “agua (82%), sales biliares (12%), fosfolípidos (4%), colesterol (1%) y pequeñas cantidades de otras sustancias” (García García, 2006, p. 411). Esta secreción se produce en el hígado y se almacena en la vesícula biliar antes de ser liberada en el intestino delgado. Su acción principal es ayudar a la hidrólisis de grasas al emulsionar grandes partículas de grasa presentes en los alimentos, convirtiéndolas en partículas más pequeñas. De tal forma que las enzimas (lipasas) tenga acceso a una mayor cantidad de lípidos. La acción de las lipasas los convierte en ácidos grasos libres para que puedan ser absorbidos a través de la mucosa intestinal (Hall, 2016).

- **Secreción de jugos pancreáticos**

Los jugos pancreáticos son producidos por el páncreas y se liberan en el intestino delgado para favorecer la digestión de alimentos. El jugo pancreático es un

líquido incoloro y acuoso que contiene enzimas que provocan la hidrólisis de las sustancias nutritivas (Sastre *et al.*, 2005, p. 3).

Los jugos pancreáticos desempeñan un papel fundamental en la hidrólisis final de los carbohidratos, las proteínas y las grasas. Por ejemplo, estos jugos contienen tripsina que ayuda a la hidrólisis de proteínas, amilasa pancreática que contribuye a la hidrólisis de carbohidratos y lipasa pancreática lleva a cabo la conversión de triacilglicerol en ácidos grasos (Hall, 2016).

### **2.3 Etapas de la digestión de alimentos**

Los humanos consumimos una enorme variedad de alimentos y líquidos que contienen agua, vitaminas, minerales, proteínas, grasas y carbohidratos necesarios para mantener una vida saludable. Sin embargo, los macronutrientes: proteínas, grasas y carbohidratos por su composición química y tamaño, requieren descomponerse por medio de acciones, tanto mecánicas, como bioquímicas, que realizan en conjunto los órganos, tejidos y secreciones.

Las acciones mecánicas dependen del movimiento muscular de la boca y del tubo digestivo que, de acuerdo con Hall (2016) se definen como movimientos de propulsión que facilitan el desplazamiento de los alimentos y la mezcla del bolo alimenticio. Las acciones bioquímicas son producidas por las enzimas que se encuentran en las secreciones digestivas y contribuyen a la hidrólisis bioquímica de los carbohidratos complejos, proteínas y triacilglicéridos para convertirlos en glucosa, aminoácidos, ácidos grasos y glicerol, respectivamente.

Este conjunto de acciones define el tránsito de los alimentos a lo largo del sistema digestivo y propician en consecuencia la digestión. Este fenómeno biológico es de alta complejidad, por esta razón se ha dividido en etapas a fin de comprender con mayor profundidad su naturaleza.

- **Formación y desplazamiento del bolo alimenticio**

La formación y desplazamiento del bolo alimenticio inicia con la ingestión de alimentos donde ocurren procesos mecánicos (masticación y deglución) y bioquímicos (hidrólisis enzimática). En la ingestión los alimentos ingresan a la boca y son procesados por la acción mecánica de los dientes, esta acción recibe el nombre de masticación y se conoce como el proceso mediante el cual se cortan, desgarran, trituran, mastican y amasan los alimentos. Los dientes son piezas fundamentales en la ingestión de los alimentos. Este proceso, según Júnior *et al.* (2008) se subdivide en las etapas que aparecen en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Etapas del proceso de masticación*

<b>ETAPAS</b>	<b>PIEZAS DENTALES IMPLICADAS</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Incisión	Incisivos y caninos	Promueven el corte y la dilaceración de los alimentos para que puedan ser introducidos en la boca.
Trituración	Premolares	Acción coordinada con la mandíbula que mantiene al alimento sobre la superficie oclusal, reduciéndola en pedazos menores.
Pulverización	Molares	Transforman el alimento en partículas menores y sin resistencia a la superficie oclusal o a la mucosa bucal.

Nota. Información recuperada de “El sistema masticatorio y las alteraciones funcionales consecuentes a la pérdida dentaria” por Júnior *et al.* 2008, Acta odontológica Venezolana, 46(3), p. 376.

En esta primera etapa también se hacen presentes acciones bioquímicas. La saliva lubrica los alimentos y con ello inicia el proceso de hidrólisis para degradar a los nutrientes rompiendo los enlaces químicos de su estructura molecular. La acción mecánica de los dientes y las reacciones bioquímicas que producen las enzimas de la saliva dan lugar al bolo alimenticio, que es una masa heterogénea parcialmente

digerida. Este bolo alimenticio pasa por la faringe para trasladarse al esófago a partir de la *deglución*, que es un proceso complejo, debido a que la faringe es un órgano que comparten los sistemas digestivo y respiratorio.

En la deglución la lengua empuja el bolo alimenticio hacia la faringe que se encuentra en la garganta, donde la epiglotis<sup>8</sup> cubre la entrada hacia la tráquea, al mismo tiempo la faringe se mueve hacia arriba y el alimento baja hacia el esófago por medio de movimientos musculares conocidos como peristalsis. Una vez que el bolo alimenticio ha llegado al esófago, la faringe vuelve a su posición original. Posteriormente, el bolo alimenticio llega al esófago, tubo muscular que conecta la boca con el estómago. Las contracciones musculares de este tubo permiten que el bolo alimenticio avance y se incorpore al estómago donde continúa la segunda etapa de la digestión.

- **Formación y procesamiento del quimo**

Una vez que el bolo alimenticio ha bajado por el esófago, penetra en el estómago y habrá de recorrer las cinco secciones de este: el cardias, el fondo, el cuerpo, el antro y el conducto pilórico, para transformarse en quimo. El bolo alimenticio ingresa a la primera sección del estómago que recibe el nombre de cardias. El ingreso al cardias se logra porque el estómago como músculo involuntario ejerce una acción mecánica de movimientos circulares, provocando que el bolo alimenticio se desplace. Después baja por el fondo y se almacena en el cuerpo del estómago, donde ingresa en contacto con los jugos digestivos que son liberados por las glándulas gástricas que cubren la pared gástrica del estómago. La amilasa y lipasa salivales siguen actuando en el fondo y cuerpo del estómago hasta que entran en contacto con

---

<sup>8</sup> Tejido que cierra la tráquea al tragar y evita que los alimentos lleguen a los pulmones y se cause una asfixia por aspiración.

los jugos gástricos. Mientras que, las secreciones gástricas contienen la enzima pepsina que comienza con la hidrólisis de proteínas. La mezcla producida por el bolo alimenticio con las secreciones gástricas, que se mueve hacia el intestino delgado, recibe el nombre de quimo (Hall, 2016).

El quimo logra desplazarse del estómago al intestino delgado por el movimiento mecánico espontáneo de ondas de constricción que empujan el contenido del cuerpo al antro del estómago en dirección al conducto pilórico, este logra abrirse lo suficiente para que el quimo salga con facilidad del estómago e ingrese a la primera parte del intestino delgado que recibe el nombre de duodeno.

- **Absorción de nutrientes**

Es importante recordar que, la mayoría de los alimentos están compuestos por macromoléculas complejas que se degradan en macromoléculas simples justamente en el proceso de digestión. Tal proceso es indispensable para su absorción por las microvellosidades del intestino delgado. Las vellosidades intestinales se encuentran a lo largo del intestino delgado. Múltiples células epiteliales conforman las vellosidades de aproximadamente 1 mm de largo. Las células epiteliales tienen una estructura parecida al borde de un cepillo y contiene unas 1.000 microvellosidades de 1  $\mu\text{m}$  de longitud y 0,1  $\mu\text{m}$  de diámetro. Estas microvellosidades se proyectan hacia el quimo intestinal (Hall, 2016, p. 793). Las vellosidades entran en contacto con el quimo y absorben los nutrientes y las incorporan a la sangre. Esto se logra gracias a que cada vellosidad tiene en su interior capilares sanguíneos que funcionan como un vehículo para el intercambio de sustancias, en este caso permiten el acceso de los nutrientes al torrente sanguíneo.

- **Eliminación de desechos**

En el íleon, que es la parte final del intestino delgado existe una válvula ileocecal que establece la conexión entre ambos intestinos, delgado y grueso. El intestino grueso absorbe el agua y los electrolitos del quimo. Lo que resulta de esta

absorción aunada a la acción bacteriana del intestino se conoce como heces<sup>9</sup>. El intestino grueso tiene cuatro secciones conocidas como conducto del ciego, colon, recto y ano, pero, la mayor parte de la absorción de agua y electrolitos del quimo se da en la primera mitad del colon, mientras que la segunda funciona como un depósito de heces (Hall, 2016, p. 797).

Las heces permanecen en el recto antes de su salida por el ano y su expulsión responde a los movimientos de propulsión ante la distensión del recto, estos movimientos provocan la relajación del esfínter interno del ano provocando así, la salida de la materia fecal.

#### **2.4 Relación del sistema digestivo con el sistema circulatorio**

El sistema digestivo, como el resto de los sistemas que integran el cuerpo humano, tiene vasos sanguíneos que permiten el flujo sanguíneo. La relación entre el sistema digestivo y circulatorio es compleja, pero, permite que los nutrientes lleguen a las células del cuerpo para dotarlas de energía. Una vez que las vellosidades de la mucosa del intestino delgado absorben los nutrientes, estos fluyen inmediatamente hacia el hígado utilizando como medio la vena porta<sup>10</sup>. En el hígado los hepatocitos absorben y almacenan temporalmente parte de los nutrientes como carbohidratos y proteínas, además que se eliminan bacterias y partículas tóxicas presentes en los nutrientes que recibe. Luego, los nutrientes, abandonan el hígado a través de las venas hepáticas que desembocan en la vena cava de la circulación general. No obstante, casi todas las grasas que se absorben en el intestino no llegan a la circulación portal, sino que pasan a la circulación sanguínea a través del conducto torácico por medio de los vasos linfáticos intestinales (Hall, 2016, p. 760). Una vez que los nutrientes están en el

---

<sup>9</sup> Las heces son una masa sólida que contiene agua, bacterias, grasas, materia inorgánica, proteínas y producto no digerido. Su color se debe a la presencia de sustancias derivadas de la bilirrubina y su olor a los productos de la acción bacteriana (Hall, 2016).

<sup>10</sup> Vena que transporta la sangre y los nutrientes desde los intestinos, el bazo, el páncreas y la vesícula biliar hacia el hígado (Téllez Villajos y Albillos Martínez, 2014)

sistema circulatorio, se distribuyen para llegar a las células de cada uno de los órganos y tejidos del cuerpo humano.

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

Este apartado presenta el enfoque de la investigación y los métodos que se utilizaron para la recolección y análisis de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos. Se inicia mostrando cuáles son los fundamentos teóricos de la propuesta metodológica que sustentaron los métodos de análisis cualitativo y cuantitativo utilizados. Después se describe el contexto de los dos grupos de sexto grado participantes para dar a conocer las condiciones en las que se implementaron las secuencias didácticas. Posteriormente, se presenta la pregunta que se empleó para que los estudiantes desarrollaran las explicaciones sobre la digestión de alimentos.

También, aparece la descripción de la secuencia didáctica diseñada *exprofeso* que se aplicó en el Grupo 1 y de la secuencia enfocada en la enseñanza regular aplicada en el Grupo 2. Asimismo, se detalla el proceso que se usó para seleccionar y organizar las explicaciones que integraron *corpus* de análisis. Enseguida, se explica a fondo cómo se diseñó el sistema de categorías propuesto para caracterizar el antes y después de las explicaciones de los estudiantes. Finalmente, se describe la lógica de las pruebas que se realizaron a los datos para determinar avances y diferencias estadísticamente significativas entre el antes y después de cada grupo y entre los grupos.

### 3.1 Fundamento teórico de la propuesta metodológica

Se pensó en aprovechar las ventajas que brinda el estudio de los datos desde lo cualitativo y lo cuantitativo y se optó así por un enfoque mixto para obtener una comprensión más precisa y profunda de la caracterización de la complejidad de las explicaciones científicas escolares que desarrollaron *dos grupos de sexto grado de primaria que vivenciaron una secuencia centrada en el desarrollo de explicaciones y otra enfocada en la enseñanza regular*.

Para caracterizar cualitativamente las explicaciones se utilizó el análisis de contenido propuesto por Bardin (1986) que incluye las fases: exploratoria, aprovechamiento del material y el tratamiento del material. De acuerdo con este autor, en cada fase se sugiere realizar las siguientes actividades:

- a) *Fase exploratoria*: Determinar el *corpus* de análisis en función de los objetivos de investigación y proponer el sistema de categorías con el que se realiza el análisis.
- b) *Aprovechamiento del material*: Revisión del contenido del documento con base en las categorías propuestas y elaboración de descripciones que permitan sintetizar los datos que se encontraron en el contenido del documento.
- c) *Tratamiento del material*: Reporte de los datos obtenidos a partir del análisis del documento e interpretación de los resultados en función del marco teórico.

En el análisis de contenido se sugiere emplear un sistema de categorías para caracterizar el contenido del documento. En este caso se diseñó y se propuso un sistema de categorías basado en el planteamiento teórico de Jorba (2010) y el contenido biológico de Hall (2016) para caracterizar la precisión, organización y compleción de las explicaciones científicas escolares.

Para definir una caracterización en términos cuantitativos se introdujo el criterio *volumen de conocimiento* de Jorba (2010), el cual permite medir numéricamente el grado de complejidad que tiene una explicación científica en función de los criterios utilizados en el sistema de categorías propuesto para el análisis cualitativo.

### **3.2 El contexto de la población participante en el estudio**

La institución donde se desarrolló el proyecto se ubica en una comunidad semi rural del Estado de México, México. La escuela es de organización completa y ofrece el servicio únicamente en el turno matutino en un horario de 9:00 am a 1:00 pm de lunes a viernes. En el estudio participaron los dos grupos de sexto grado de la escuela

primaria. Las edades de los estudiantes oscilaban entre los 10 y 11 años y en ningún grupo hubo alumnos repitentes. En el Grupo 1 se implementó la secuencia didáctica orientada al desarrollo de la explicación científica escolar, donde colaboraron 36 estudiantes, 21 mujeres y 15 hombres. En el Grupo 2 se desarrolló la secuencia didáctica enfocada en la enseñanza regular, donde participaron 35 estudiantes, 19 mujeres y 16 hombres y, en ambos grupos, se consideró la digestión de alimentos como tema disciplinar para la elaboración de las explicaciones.

El proyecto se llevó a cabo en un contexto posterior inmediato a la pandemia por COVID 19. Fue importante considerar que los estudiantes llevaban hasta el momento de la implementación didáctica 17 meses sin asistir presencialmente a la escuela. El aislamiento se indicó cuando ellos estaban en el segundo trimestre de cuarto grado y aunque los maestros hicieron los mejores esfuerzos por dar continuidad al proceso de aprendizaje en casa, el aprovechamiento académico de los estudiantes resultó afectado. Es fundamental reconocer este aspecto porque las expectativas sobre las producciones explicativas de los estudiantes se generan de la revisión del contexto y los objetivos de aprendizaje (Gilbert *et al.*, 1998; De Andrade *et al.*, 2019).

Para reconocer las potencialidades y limitantes del contexto se consideró la valoración de la habilidad para la producción de textos escritos y el nivel de conocimiento científico que tenían sobre la digestión de alimentos. En el primer aspecto, en los dos grupos se observó que los estudiantes tenían dificultades para producir textos utilizando puntuación y ortografía correcta, pero, la legibilidad, coherencia y logro del propósito comunicativo eran suficientes para producir un texto de carácter explicativo. En el nivel de conocimiento sobre la digestión de alimentos, ambos grupos reconocían la existencia y función del sistema digestivo y compartieron que habían revisado este tema en la asignatura de ciencias naturales en los dos grados anteriores.

Reconocer el contexto también brindó un panorama para identificar posibles limitaciones y desafíos en el desarrollo del proyecto. El estudio se llevó a cabo en el ciclo escolar 2021–2022, momento en que se retomaron presencialmente las actividades en las escuelas públicas del país. Derivado del contexto de salud pública, el

protocolo a seguir para evitar contagios masivos en las escuelas refería que, ante cualquier síntoma relacionado con el contagio del virus que presentaran los estudiantes o algún integrante de la familia, estos debían de aislarse y dejar de asistir a la escuela por al menos 15 días o bien, hasta que presentaran una prueba negativa (Secretaría de Salud, 2021). Esto provocó que algunos estudiantes se ausentaran por periodos prolongados de la escuela, situación que podría haber afectado la implementación del proyecto y la recuperación de las producciones explicativas de los estudiantes. Por este motivo se diseñaron actividades de aprendizaje cortas y efectivas que contribuyeran al logro de los objetivos propuestos en la investigación.

### **3.3 La pregunta que propició la explicación**

La relación entre el pensar de una persona y el mundo exterior está mediado por los signos (Gómez, 2010). Los signos son elementos abstractos que se expresan en diversos canales comunicativos: oral, escrito e icónico, convirtiéndose así en signos lingüísticos. La explicación es una manifestación de signos lingüísticos que sirve para aproximarnos a conocer cómo piensa el otro. Por esta razón, en el estudio de la explicación científica escolar es vital recuperar las producciones explicativas que elaboran los estudiantes. Para propiciar explicaciones se formuló la pregunta: *¿Qué le pasa a la gordita dentro del cuerpo de Jorge?* Dicha pregunta se planteó a los dos grupos de sexto grado participantes, antes y después de la implementación de las secuencias didácticas correspondientes. En la figura 3 aparece la pregunta que se realizó a los estudiantes.



Como se observa en la figura 3, la pregunta se colocó en el contexto de una tarea, donde se solicitó al estudiante dibujar al interior de una silueta humana, lo que consideraban que sucedía dentro del organismo cuando consumían una gordita<sup>11</sup> y, luego, escribieron un texto para explicar el proceso. Esto favoreció obtener el registro de una explicación icónica (dibujos) y una textual (enunciados). Los estudiantes elaboraron sus explicaciones en dos hojas de papel tamaño carta. Este formato ayudó a conservar de manera permanente y detallada las producciones de los estudiantes hasta la digitalización para su posterior análisis.

### **3.4 Secuencia didáctica centrada en el desarrollo de explicaciones aplicada en el Grupo 1**

La secuencia didáctica que se implementó en el Grupo 1 fue elaborada *exprofeso* para favorecer el desarrollo de la explicación científica escolar y la implementó la tesista. Esta secuencia didáctica tuvo una duración de 10 horas de trabajo. En la propuesta didáctica se integraron actividades como prácticas experimentales, elaboración de inferencias, construcción de modelos analógicos y representaciones teatrales, las cuales fueron planteadas para que el estudiante tuviera la posibilidad de inmiscuirse en prácticas donde utilizara continuamente el lenguaje oral y escrito y así fortaleciera su habilidad explicativa. En la tabla 5 aparece la estructura general de la secuencia didáctica que se implementó.

---

<sup>11</sup> Alimento característico de contexto alimentario de los estudiantes y cuyo ingrediente principal es la masa de maíz frita

**Tabla 5**

*Estructura general de la secuencia didáctica que se implementó en el Grupo 1*

<b>TEMPORALIDAD</b>	<b>OBJETIVO DE APRENDIZAJE</b>	<b>ACTIVIDAD CENTRAL</b>
<b>2 clases de 70 min.</b>	Identificar los nutrientes presentes en los tres grupos de alimentos definidos en el plato del bien comer y reconocer las funciones que cumplen en el organismo.	Práctica experimental para identificar grasas y carbohidratos en alimentos propios de su contexto alimentario.
<b>2 clases de 70 min.</b>	Examinar el proceso de digestión de alimentos ricos en carbohidratos y grasas empleando un modelo analógico.	Simulación sobre el proceso de digestión utilizando diversos materiales.  Elaboración de inferencias sobre el proceso de digestión.
<b>2 clases de 70 min.</b>	Reconocer el proceso de hidrólisis de carbohidratos y grasas y de absorción de nutrientes empleando modelos analógicos.	Elaboración de dos modelos físicos y manipulables sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>- La estructura molecular de un carbohidrato y una grasa.</li> <li>- La conexión del intestino delgado, las vellosidades y los vasos sanguíneos.</li> </ul>
<b>2 clases de 90 min.</b>	Identificar cómo la relación entre el sistema digestivo y el circulatorio permite la distribución de nutrientes en el cuerpo humano.	Representación teatral sobre cómo se distribuyen los nutrientes en el cuerpo humano.

Como se muestra en la tabla 5, la secuencia didáctica se integró por ocho clases, seis de ellas con una duración de 70 minutos y dos de 90 minutos cada una. A continuación, se brinda una descripción general de las actividades que se desarrollaron

en las clases, dicha descripción se realiza considerando las fases de: exploración, introducción de conceptos, síntesis y aplicación del modelo de SanMartí (1997), ya que estas guiaron el diseño y operación de la secuencia didáctica.

En la clase uno y dos, las actividades fueron diseñadas para que los alumnos reconocieran la presencia de los nutrientes en los alimentos. En la fase exploratoria de la primera clase, los estudiantes registraron en una hoja la respuesta a las preguntas: ¿Qué sustancias obtenemos de los alimentos que consumimos? ¿Qué entiendes por nutriente? y ¿Por qué el organismo requiere de nutrientes? Posteriormente, se mostró un grupo de alimentos cercano al contexto alimentario de los estudiantes y se solicitó que los clasificaran con base en el Plato del Bien Comer. En la fase de introducción de conceptos se hizo una presentación acerca de los tipos de nutrientes y se solicitó a los estudiantes que señalaran el nutriente de mayor porcentaje, presente en los alimentos que se les habían presentado anteriormente. Cabe mencionar que se ofreció apoyo a los participantes para identificar los nutrientes porque no se encontraban familiarizados con este tipo de vocabulario. En la fase de síntesis se elaboró un mapa de conceptos acerca del significado de la palabra nutriente, su clasificación y función en el cuerpo humano y, en la fase de aplicación se pidió a los estudiantes con base en lo aprendido, que clasificaran los alimentos de un supermercado simulado con base en el nutriente característico de dicho alimento.

En la segunda clase los estudiantes continuaron identificando los nutrientes presentes en los alimentos. En la fase exploratoria de esta clase se utilizaron las preguntas ¿Qué nutrientes aportan energía al cuerpo? ¿Qué nutriente apoya a la formación del músculo? ¿Qué nutrientes fortalecen el sistema inmunológico? Para recuperar los saberes construidos en la clase anterior. En la fase de introducción de conceptos se profundizó sobre la función e importancia de nutrientes como carbohidratos y grasas y se presentó la actividad experimental para identificar grasas y carbohidratos en alimentos propios de su contexto alimentario. En la actividad de síntesis apoyados del mapa de conceptos y notas de la clase uno, los estudiantes registraron inferencias en su cuaderno sobre qué alimentos pertenecían al grupo de las grasas y cuáles al grupo de los carbohidratos. Posteriormente, participaron en la práctica experimental donde vertieron sustancias a un grupo de alimentos para

identificar qué nutriente los caracterizaba y contrastaron los resultados con las inferencias que habían realizado. En la fase de aplicación se presentó a los estudiantes un grupo de alimentos ricos en grasas y carbohidratos propios del comedor escolar para que los clasificaran con base en lo aprendido.

En la tercera y cuarta clase se llevaron a cabo actividades para que los estudiantes examinaran el proceso de digestión de alimentos. En la fase exploratoria de la tercera clase, se registró en un papel bond las respuestas que los estudiantes brindaron a las preguntas: ¿Qué ocurre en la boca cuando ingerimos una concha?, ¿Qué ocurre con esa concha en el estómago? ¿Qué hace que la concha se transforme conforme avanza en el sistema digestivo? En la introducción de conceptos se organizó al grupo en equipos y se les brindó material diverso para realizar la simulación de la digestión de alimentos. Entre el material se encontraban objetos como un mortero, bolsas de plástico, medias largas, vinagre, agua, aguacates, papas fritas, etcétera. La simulación fue semidirigida, debido a que los estudiantes tuvieron la libertad tomar sus propias decisiones durante la actividad. Por ejemplo, elegir entre la diversidad de materiales, el que mejor les parecía para representar a cada uno de los órganos, tejidos y secreciones involucrados. Durante la simulación se plantearon a los estudiantes preguntas para que estos argumentarán por qué decidían representar con un tipo de material a tal órgano y no con otro, y también se solicitó que elaboraran inferencias sobre cómo se iba degradando el alimento a lo largo del sistema digestivo.

La cuarta clase inició con la fase de síntesis, donde los estudiantes hicieron un esquema sobre la función de los órganos, tejidos y secreciones en la digestión de alimentos con base en la información que habían recuperado en la tercera clase. En la fase de aplicación los estudiantes construyeron un modelo del sistema digestivo utilizando materiales reciclados, se solicitó que la elección de cada material estuviera en función de las características de cada órgano y tejido involucrado en la digestión de alimentos.

En la quinta y sexta clase, las actividades tuvieron la finalidad de que los estudiantes reconocieran la hidrólisis de carbohidratos y grasas en su recorrido por el sistema digestivo y el proceso de absorción de nutrientes. En la fase de exploración de

la quinta clase, los estudiantes dibujaron en el pizarrón cómo imaginaban que era la estructura de un carbohidrato y una grasa y cómo pensaban que se transformaba en su paso por el sistema digestivo. Además, se les cuestionó acerca de cómo imaginaban que el intestino delgado absorbía los nutrientes. En la introducción de conceptos se presentaron dos modelos analógicos que representaban la estructura molecular de un carbohidrato y una grasa y, los estudiantes elaboraron el propio con cuentas de colores, esferas de unicel, limpiapipas y plastilina. Estos modelos se utilizaron para realizar una representación semidirigida sobre la hidrólisis de dichos nutrientes.

La sexta clase continuó con la fase de introducción de conceptos y los estudiantes participaron en una demostración semidirigida sobre el proceso de absorción de nutrientes donde se utilizó un modelo analógico sobre la conexión del intestino delgado, las vellosidades y los vasos sanguíneos. Al finalizar esta actividad, los estudiantes elaboraron su propio modelo con cartulina, hojas de colores e hilo. Cabe señalar que, en las dos demostraciones semidirigidas, las cuales formaron parte de la fase de introducción de conceptos, los estudiantes tuvieron la posibilidad de contrastar las ideas que habían planteado en la fase exploratoria. En la fase de síntesis los estudiantes hicieron notas y dibujos sobre la hidrólisis de grasas y carbohidratos y sobre cómo se absorben los nutrientes por las vellosidades del intestino delgado. En la fase de aplicación los estudiantes se organizaron en grupos y compartieron con un grupo de estudiantes su experiencia utilizando los modelos analógicos elaborados.

En la séptima y octava clase, el desarrollo de las actividades tuvo como objetivo de que los estudiantes identificaran cómo la relación entre el sistema digestivo y el circulatorio contribuye a la distribución de nutrientes en el cuerpo humano. En la fase exploratoria de la séptima clase, se realizó una lluvia de ideas sobre cómo pensaban que las grasas y carbohidratos llegaban a los órganos y tejidos del cuerpo. En la fase de introducción de conceptos los estudiantes recibieron una narrativa sobre cómo interactuaban los órganos y tejidos del sistema digestivo y circulatorio para lograr la distribución de nutrientes en el organismo. En la fase de síntesis los estudiantes rescataron las ideas principales y llenaron un cuadro donde establecieron cómo se lleva a cabo la distribución de nutrientes.

La octava clase siguió con la fase de aplicación y se indicó a los estudiantes que elaborarán un guion teatral con base en la información que habían recuperado en la séptima clase. Este guion teatral se utilizó para que los estudiantes presentaran obras teatrales sobre la relación del sistema digestivo y el sistema circulatorio. Finalmente, se destinaron tiempos libres para que los estudiantes elaboraran sus disfraces, ensayaran y presentaran sus obras de teatro.

### **3.5 Secuencia didáctica enfocada en la enseñanza regular aplicada en el Grupo 2**

La secuencia didáctica que se desarrolló en el Grupo 2 estuvo centrada en la enseñanza regular y fue impartida por el profesor titular del grupo. Se centró en que los estudiantes reconocieran las características y funcionamiento del sistema digestivo. Esta secuencia tuvo una duración de 6 horas de trabajo y se incluyeron actividades que permitieron a los estudiantes concretar saberes sobre las características de una dieta balanceada y el conocimiento de la estructura y funcionamiento del sistema digestivo. El diseño de la secuencia didáctica incluyó sugerencias didácticas que brinda el libro de texto y materiales de orientación para el maestro. En la tabla 6 aparece la estructura general de la secuencia didáctica que se implementó.

**Tabla 6**

*Estructura general de la secuencia didáctica que se implementó en el Grupo 2*

<b>TEMPORALIDAD</b>	<b>OBJETIVO DE APRENDIZAJE</b>	<b>ACTIVIDAD CENTRAL</b>
1 clase de 90 min.	Identificar los grupos de alimentos del Plato del Buen Comer.	Clasificación de alimentos del Plato del Buen Comer
3 clases de 90 min.	Identificar las partes y funcionamiento del sistema digestivo.	Video educativo sobre las partes y funcionamiento del sistema digestivo. Registro de notas sobre las partes y funcionamiento del sistema digestivo. Elaboración de dibujos sobre el sistema digestivo.

Como se muestra en la tabla 6, la secuencia didáctica implementada en el Grupo 2 se desarrolló en cuatro clases de 90 minutos cada una. A continuación se describe de forma general las actividades realizadas:

La clase uno se diseñó con la finalidad de que los estudiantes identificaran los grupos de alimentos del Plato del Buen Comer. En la clase se inició recuperando ideas previas de los estudiantes sobre la importancia de llevar una alimentación balanceada y los problemas que afectan la salud a consecuencia de una mala alimentación. Después se les presentó a los estudiantes un grupo de diferentes alimentos para que los clasificaran según la propuesta del Plato del Buen Comer e identificaran qué tipo de alimentos son preferibles de consumir en mayores cantidades. La clase finalizó con la elaboración de un menú semanal donde incluyeron alimentos de los tres grupos del Plato del Buen Comer.

En la clase dos se pretendió que los estudiantes identificarán las partes y funcionamiento del sistema digestivo. En esta clase los estudiantes observaron y registraron la información que se presentó en un video educativo sobre las partes que

conforman el sistema digestivo y su funcionamiento. Después, escucharon una exposición acerca de las transformaciones físicas y bioquímicas que ocurren en el tracto digestivo y sobre la importancia de ingerir alimentos para que las células del cuerpo humano obtengan la energía necesaria para regeneración de tejidos y el funcionamiento óptimo del cuerpo. Al finalizar la clase los estudiantes socializaron con sus compañeros lo aprendido en clase.

En la clase tres se reforzaron ideas sobre la estructura y funcionamiento del sistema digestivo. Se elaboraron dibujos acerca del sistema digestivo utilizando láminas, recortes y colores y, los compartieron con sus compañeros a fin de enriquecerlos. Finalmente, en la clase cuatro los estudiantes mostraron sus dibujos y compartieron información acerca del conocimiento que construyeron sobre el sistema digestivo con la comunidad escolar.

### **3.6 El proceso de recolección y selección de datos**

La pregunta: *¿Qué le pasa a la gordita dentro del cuerpo de Jorge?*, se utilizó para recabar las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de los alimentos de los dos grupos de sexto grado participantes, antes y después de la implementación de las secuencias didácticas correspondientes. Una vez que se recabó la totalidad de las producciones explicativas, se procedió a operacionalizar la fase exploratoria que señala Bardin (1986) en la metodología de análisis de contenido. La primera actividad de esta fase consistió en delimitar el *corpus* de análisis. Para ello se revisaron las explicaciones sobre la digestión de alimentos que elaboraron de los estudiantes a fin de seleccionar únicamente aquellas que permitieran dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas; la revisión se llevó a cabo bajo los siguientes criterios de selección:

a) *Buena legibilidad en los textos*: El componente textual debía ser claro, coherente y conciso.

b) *Producciones explicativas completas*: La explicación debía contener tanto la parte icónica, como la textual.

c) *Registro comparativo completo*: Se debía contar con el registro de la producción explicativa del antes y después de la aplicación de la secuencia didáctica.

Las producciones que no cumplieron con los criterios de selección fueron descartadas y se concretó el *corpus* de análisis. En el Grupo 1 donde participaron 36 estudiantes se obtuvo el registro de 28 producciones, y en el Grupo 2 donde participaron 35 estudiantes se recuperó el registro de 30 producciones. Las producciones de los estudiantes fueron escaneadas para realizar un acervo digital que facilitara el manejo y análisis de los datos. A cada archivo se le asignó una etiqueta considerando el grupo donde se recuperó la muestra: “G1” o “G2”, el número ordinario de seguimiento, un seudónimo y el momento de aplicación, por ejemplo: “G1\_01\_MARTÍN\_ANTES” o “G2\_03\_ALICIA\_DESPUÉS”.

### **3.7 El sistema de categorías**

Siguiendo con las actividades de la fase exploratoria del análisis de contenido, la segunda actividad fue diseñar y probar un sistema de categorías para analizar las producciones explicativas seleccionadas. En este estudio, el diseño del sistema de categorías integró los criterios para el análisis de explicaciones de Jorba (2010) y la revisión de contenido biológico expuesto por Hall (2016).

Es importante resaltar que el sistema de categorías es una propuesta original y se elaboró para cumplir las finalidades de este estudio. Este instrumento estuvo informado por la literatura del campo de la didáctica de las ciencias y del campo de la ciencia médica. Sin embargo, en el sistema de categorías se encuentran impresas las adaptaciones que se hicieron de la información encontrada en estas fuentes, las cuales fueron producto de un proceso exhaustivo de revisión donde intervinieron la tesista y sus directoras de tesis. Por tanto, no prevalece exclusivamente una perspectiva personal, sino que el sistema se discutió ampliamente, yendo y viniendo entre aspectos

teóricos, metodológicos, gramaticales, etcétera. Esto con el fin de garantizar la validez y coherencia del sistema de categorías y obtener así un instrumento sólido y confiable para su aplicabilidad en el estudio realizado.

De los criterios propuestos por Jorba (2010) para analizar las producciones explicativas escolares se incluyeron: la precisión, la organización, la compleción y el volumen de conocimiento. El criterio de pertinencia no se consideró para este estudio debido a que las tareas que se solicitaron fueron claras y concisas y dieron lugar a respuestas relevantes y congruentes con objeto susceptible de explicación, en este caso, la digestión de alimentos.

Es conveniente recordar que la *precisión* se entiende como el empleo del léxico apropiado para nombrar el conjunto de elementos implicados en el fenómeno. Mientras que, la *organización* indica la explicitación de las relaciones temporales que suceden y propician un fenómeno. La *compleción* es la introducción de relaciones causales para robustecer la calidad de la explicación y que dan cuenta de las transformaciones que ocurren en el fenómeno. Finalmente, el *volumen de conocimiento* se define como el grado de amplitud de conocimiento que obtuvo un estudiante en función del nivel de conocimiento que se colocó como alcanzable. En este caso, el nivel alcanzable se dispone a partir de los criterios de precisión, organización y compleción.

Por su naturaleza, los criterios: precisión, organización y compleción permitieron la caracterización de la complejidad de la explicación científica escolar en términos cualitativos y el criterio de volumen de conocimiento se utilizó para definir en términos cuantitativos el grado de complejidad que logró el estudiante en la elaboración de su producción explicativa.

Una vez establecidos los criterios de Jorba (2010) para la caracterización cualitativa de las explicaciones, se propuso adaptarlos al contenido biológico de la digestión de los alimentos, la absorción y distribución de los nutrientes. Para ello se identificaron elementos claves en el Tratado de Fisiología Médica de Guyton y Hall (Hall, 2016), integrándose los siguientes elementos: órganos y tejidos que conforman el sistema digestivo, los jugos digestivos que se producen para llevar a cabo dicho

proceso y los órganos y los tejidos implicados en la relación del sistema digestivo con el sistema circulatorio.

También se consideró el contenido disciplinar relativo de las etapas de la digestión, así como, las causas y efectos implicadas en la transformación del alimento a consecuencia del movimiento mecánico de órganos y tejidos y las reacciones bioquímicas que provocan los jugos digestivos. El sistema de categorías que se propone se basa en las aportaciones de Jorba (2010) y Hall (2016).

A fin de realizar la adaptación y definir las categorías que se integraron en el sistema de análisis, se concluyó que en el criterio de precisión se debían considerar tres categorías que se identificaron como: “Órganos y tejidos involucrados en la digestión de alimentos y egestión de desechos”, “Secreción de jugos digestivos implicados en la digestión de alimentos” y “Relación del sistema digestivo con el sistema circulatorio”. En la tabla 7 se muestra el sistema de categorías para caracterizar la precisión de las explicaciones:

**Tabla 7**

*Sistema de categorías para caracterizar la precisión de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos*

<b>CATEGORÍA</b>	<b>ELEMENTOS DE LA CATEGORÍA</b>	<b>NIVEL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<i>Órganos y tejidos involucrados en la digestión de alimentos y egestión de desechos.</i>	Boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, vellosidades, intestino grueso, hígado, páncreas y ano.	<b>Ausente de reconocimiento</b> de órganos y tejidos asociados al proceso de digestión y egestión.	No se representa y/o nombra ninguno de los órganos y tejidos involucrados o se mencionan otros no relevantes.
		<b>Reconocimiento incipiente</b> de órganos y tejidos asociados al proceso de digestión	Se representan y/o nombran de 1 a 4 órganos y tejidos involucrados y relevantes para la

		y egestión.	explicación.
		<b>Reconocimiento parcial</b> de órganos y tejidos asociados al proceso de digestión y egestión.	Se representan y/o nombran de 5 a 7 órganos y tejidos involucrados y relevantes para la explicación.
		<b>Reconocimiento global</b> de órganos y tejidos asociados al proceso de digestión y egestión.	Se representan y/o nombran de 8 a 10 órganos y tejidos involucrados y relevantes para la explicación.
<i>Secreción de jugos digestivos implicados en la digestión de alimentos.</i>	Saliva, jugos gástricos, jugos pancreáticos y bilis.	<b>Ausente de reconocimiento</b> de jugos digestivos asociados al proceso de digestión.	No se representa y/o nombra ninguno de los jugos digestivos involucrados o se mencionan otros no relevantes.
		<b>Reconocimiento incipiente</b> de jugos digestivos asociados al proceso de digestión.	Se representa y/o nombra solo 1 de los jugos digestivos involucrados y relevantes para la explicación.
		<b>Reconocimiento parcial</b> de jugos digestivos asociados al proceso de digestión.	Se representan y/o nombran de 2 a 3 jugos digestivos involucrados y relevantes para la explicación.
		<b>Reconocimiento global</b> de jugos digestivos asociados al proceso de digestión.	Se representan y/o nombran 4 jugos digestivos involucrados y relevantes para la explicación.

<i>Relación del sistema digestivo con el sistema circulatorio.</i>	Arteria, corazón y órgano receptor de nutrientes.	<b>Ausente de reconocimiento</b> de la relación entre sistema digestivo y sistema circulatorio.	No se representa y/o nombra ninguno órgano o tejido que determine la relación entre el sistema digestivo y el sistema circulatorio o se mencionan otros no relevantes.
		<b>Reconocimiento incipiente</b> de la relación entre sistema digestivo y sistema circulatorio.	Se representa y/o nombra 1 órgano o tejido relevante para establecer la relación entre el sistema digestivo y el sistema circulatorio.
		<b>Reconocimiento parcial</b> de jugos digestivos asociadas al proceso de digestión.	Se representan y/o nombran 2 órganos o tejidos relevantes para establecer la relación entre el sistema digestivo y el sistema circulatorio.
		<b>Reconocimiento global</b> de jugos digestivos asociadas al proceso de digestión.	Se representan y/o nombran 3 órganos o tejidos de relevancia para determinar la relación entre el sistema digestivo y el sistema circulatorio.

En el criterio de organización se incluyó la categoría de “Etapas de la digestión de alimentos”. El sistema de categorías para este criterio se muestra en la tabla 8:

**Tabla 8**

*Sistema de categorías para caracterizar la organización de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos*

<b>CATEGORÍA</b>	<b>ELEMENTOS DE LA CATEGORÍA</b>	<b>NIVEL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<i>Etapas de la digestión de alimentos.</i>	1. Formación y desplazamiento del bolo alimenticio (trituración y mezcla de los alimentos con la saliva).	<b>Ausente</b> de relaciones temporales implicados en el proceso de digestión.	No se hace referencia a una posible secuenciación de las etapas del proceso de digestión o bien, se explicitan algunas de ellas, pero, sin relación lógica temporal.
	2. Formación y procesamiento del quimo (mezcla del quimo con el resto de los jugos digestivos).	<b>Organización incipiente</b> de relaciones temporales implicadas en el proceso de digestión.	Se utiliza una secuencia lógica temporal que permite explicar el proceso de digestión utilizando modelos básicos de organización que consideran dos etapas como:
	3. Absorción de nutrientes.		a) entrada de alimentos y salida de desechos b) entrada de alimentos y degradación de alimentos para obtener nutrientes. c) entrada de alimentos y absorción de nutrientes.
4. Eliminación de desechos.	<b>Organización parcial</b> de las relaciones temporales	Se utiliza una secuencia lógica temporal para explicar el proceso de digestión utilizando	

		<p>implicadas en el proceso de digestión.</p>	<p>modelos más elaborados que consideran tres etapas como:</p> <p>a) entrada de alimentos, degradación de alimentos para obtener nutrientes y salida de desechos.</p> <p>b) entrada de alimentos, degradación de alimentos para obtener nutrientes y absorción de nutrientes.</p> <p>c) entrada de alimentos, absorción de nutrientes y salida de desechos.</p>
		<p><b>Organización global</b> relaciones temporales implicadas en el proceso de digestión.</p>	<p>Se utiliza una secuencia lógica temporal para explicar el proceso de digestión utilizando modelos complejos que consideran cuatro etapas:</p> <p>a) entrada de alimentos, degradación de alimentos para obtener nutrientes, absorción de nutrientes y salida de desechos.</p>

Finalmente, la compleción se relacionó con la categoría “Causas y efectos involucrados en la digestión de alimentos”. En la tabla 9 se muestra el sistema de categorías para este criterio:

**Tabla 9**

*Sistema de categorías para caracterizar la compleción de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos*

<b>CATEGORÍA</b>	<b>ELEMENTOS DE LA CATEGORÍA</b>	<b>NIVEL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<i>Causas y efectos involucrados en la digestión de alimentos.</i>	<p>Mecánicos: Movimientos que producen los órganos y tejidos del sistema digestivo.</p> <p>Bioquímicos: Efectos de los jugos digestivos en la transformación del alimento.</p>	<b>Ausente</b> de relaciones causales asociadas al proceso de digestión.	No aparecen relaciones causales que permiten explicitar procesos de transformación mecánica o bioquímica en la digestión.
		<b>Compleción incipiente</b> de las relaciones causales asociadas al proceso de digestión.	Aparecen relaciones causales que permiten explicitar solo un tipo de transformación, ya sea mecánica o bien, bioquímica, durante la digestión.
		<b>Compleción parcial</b> de las relaciones causales asociadas al proceso de digestión.	Aparecen relaciones causales que permiten explicitar los dos tipos de transformación: mecánica y bioquímica, pero aparecen imprecisiones en cualquiera.
		<b>Compleción global</b> de las relaciones causales asociadas al proceso de digestión.	Aparecen relaciones causales que permiten explicitar los dos tipos de transformación: mecánica y bioquímica de manera precisa.

Como se ha mostrado, los criterios están relacionados con determinadas categorías. Para evitar ser reiterativos, en adelante, se utilizarán frases más cortas para nombrar a las categorías propuestas, quedando de la siguiente manera: “Órganos y tejidos”, “Secreciones digestivas”, “Relación de sistemas”, “Etapas de la digestión” y “Causas y efectos”.

Con base en el sistema de categorías que se diseñó, en el criterio de precisión se ubicaron tres categorías y con los criterios de organización y de compleción se relacionó una categoría, respectivamente. A cada categoría corresponde un conjunto de elementos que se espera encontrar en el contenido de las explicaciones de los estudiantes. La búsqueda de los elementos depende de la naturaleza del criterio en que se encuentra ubicada la categoría. En las tres categorías relacionadas con el criterio de precisión, la actividad que se espera que lleve a cabo el estudiante es nombrar, y/o representar con un lenguaje apropiado los elementos de las categorías.

De acuerdo con el conjunto de elementos que se encuentran en cada categoría se asigna un nivel. Los niveles se definen con las etiquetas de ausente, incipiente, parcial y global. El uso de niveles sirvió para reportar los resultados a nivel grupal, ya que se obtuvo por grupo el porcentaje de frecuencia de los niveles expresados en cada categoría y esta información se utilizó como base para posteriormente hacer la descripción cualitativa de cada nivel.

Para comprender cómo se colocaron las etiquetas que engloban dichos niveles, utilizaremos como ejemplo la categoría de “Secreciones digestivas” que corresponde al criterio de precisión y cuyos elementos incluyen la saliva, los jugos gástricos, la bilis y el jugo pancreático.

El nivel de *ausente* se utiliza para señalar cuando no hay ningún elemento del contenido de la categoría en la explicación. Es decir, que no encontraron palabras y/o dibujos que señalen la presencia de la saliva, los jugos gástricos, la bilis y el jugo pancreático”. El nivel de *incipiente* se emplea cuando se encuentran pocos elementos del contenido de la categoría. Por ejemplo, cuando el niño solo enuncia y/o dibuja una de todas las secreciones implicadas en la digestión de alimentos. El nivel *parcial* se usa cuando hay un contenido incompleto de la categoría. En este caso, cuando enuncia

y/o dibuja dos o tres de los jugos digestivos implicados en la digestión y, el nivel *global* sirve para precisar cuándo se detecta en la explicación el contenido completo a la categoría correspondiente. Es decir, cuando enuncia y/o dibuja de forma apropiada la saliva, los jugos gástricos, la bilis y el jugo pancreático.

En el caso de la categoría de “Etapas de la digestión” que pertenece al criterio de organización, se espera que los estudiantes desarrollen las relaciones temporales implicadas en este fenómeno, utilizando enunciados, dibujos, flechas y etiquetas en su explicación. En este caso, nombrar los elementos contenidos en la categoría es insuficiente y se espera que los estudiantes realicen dos acciones fundamentales. La primera, otorgar un orden adecuado a las etapas de la digestión de alimentos: formación y desplazamiento del bolo alimenticio, formación y procesamiento del quimo, absorción de nutrientes y eliminación de desechos, esto implica utilizar relaciones de orden temporal. La segunda, desarrollar con la mayor especificidad posible cada una de las etapas a fin de explicar cómo ocurre el tránsito de los alimentos a lo largo del sistema digestivo, para esto el alumno habrá de elaborar enunciados donde detallen las acciones que realizan los órganos, tejidos y secreciones que participan en cada una de las etapas.

En la categoría de “Causas y efectos” que se atribuye al criterio de compleción, se espera que los estudiantes expliciten las relaciones causales de tipo mecánico y bioquímico que suceden en la digestión, para hacerlo los estudiantes deben elaborar enunciados donde mencionen el efecto de los órganos, tejidos y secreciones en el alimento y dar cuenta de esta manera cómo se transforma el alimento a lo largo del sistema digestivo.

Ahora bien, para reconocer con mayor profundidad la asignación de niveles, en el sistema de categorías se incluye la descripción de cada uno, esto orientó la búsqueda de contenido en las explicaciones y su relación con el nivel correcto. Además, se agregaron reglas de inclusión para profundizar con mayor detalle sobre las propiedades de cada categoría. Las reglas de inclusión sirvieron para saber bajo qué parámetros se incluyeron o no las palabras, enunciados y dibujos que se encontraron en la explicación y que se asociaron con los elementos que se esperaban encontrar en cada

categoría. Las reglas de inclusión se muestran en la tabla 10 y fueron establecidas considerando el nivel cognitivo de los estudiantes participantes.

**Tabla 10**

*Reglas de inclusión del sistema de categorías*

CATEGORÍA	REGLAS DE INCLUSIÓN
<i>Órganos y tejidos</i>	<p>A. Se permite enunciar y/o dibujar a los órganos o tejidos de forma independiente en el texto y/o dibujo.</p> <p>B. En la representación gráfica de la explicación se valora la inclusión del dibujo del órgano y/o tejido, no es necesario utilizar flechas y/o etiquetas para identificarlo.</p> <p>C. Se permite el uso de variantes para nombrar a los siguientes órganos y/o tejidos: 1) Boca/dientes/lengua; 2) Faringe/garganta; 3) Ano/recto.</p>
<i>Secreciones digestivas</i>	<p>A. Se admite el uso de la variante de “amilasa” para nombrar a la saliva.</p> <p>B. Para que las secreciones digestivas representadas en los dibujos sean consideradas deben de estar acompañadas de flechas y una etiqueta.</p>
<i>Relación de sistemas</i>	<p>A. Se puede utilizar la variante de “vena” para nombrar a la arteria.</p> <p>B. En los dibujos se considera a cualquier órgano como receptor de nutrientes siempre y cuando exista una representación de una arteria y/o vena que establezca la unión entre el intestino delgado o hígado con el órgano receptor.</p> <p>C. Se consideran frases cuyo contenido exprese una relación entre ambos sistemas y que no necesariamente involucre nombrar textualmente al corazón, la arteria y/o vena y el órgano receptor de nutrientes.</p>

<i>Etapas de la digestión</i>	<p>A. La secuencia de las cuatro etapas de la digestión de alimentos debe incluir las relaciones temporales en orden cronológico, de lo contrario se descartan.</p> <p>B. Para que la etapa sea considerada se debe encontrar datos sobre cómo ocurre, y no solamente nombrarla.</p>
<i>Causas y efectos</i>	<p>A. Para que se considere una relación causal, es necesario incluir la causa, citando a órganos, tejidos y secreciones involucradas, así como el efecto que estos causan en el alimento.</p>

Como se observa en la tabla 10, las reglas de inclusión contribuyeron a realizar un análisis más enfocado y así obtener datos precisos y significativos para caracterizar la complejidad de las explicaciones y dar respuesta a las preguntas de investigación propuestas en este trabajo de tesis. Con la elaboración de las reglas de inclusión se concluyó el desarrollo del sistema de categorías y la fase exploratoria de análisis de contenido propuesta por Bardin (1986).

### **3.8 El análisis cualitativo de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos**

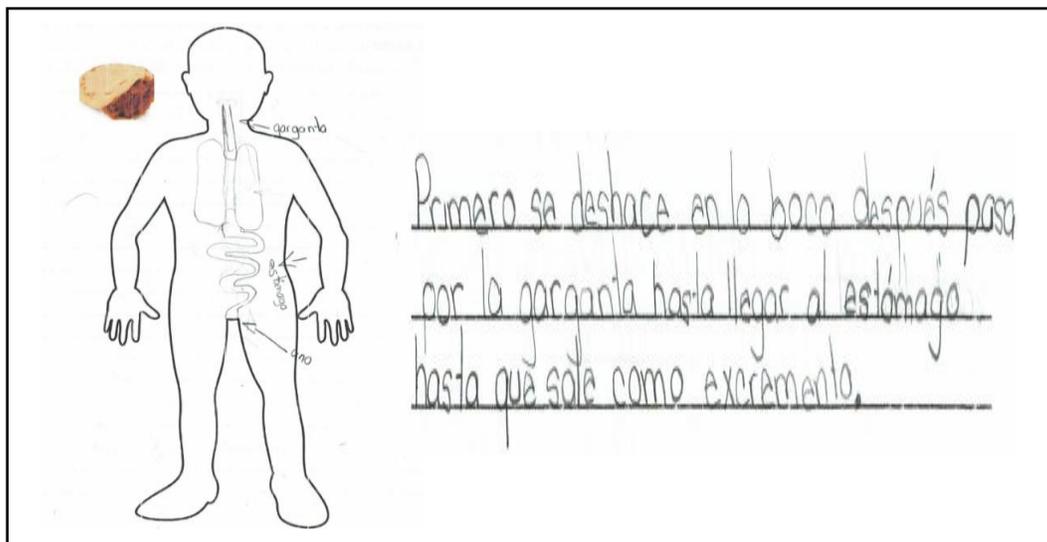
Una vez que se delimitó el *corpus* de análisis, el sistema de categorías y las reglas de inclusión para el análisis del contenido de las explicaciones, se operacionalizó el aprovechamiento del material, segunda fase del análisis de contenido. En esta fase se leyeron las explicaciones con el fin de revisar el contenido de la explicación y caracterizarlo con base a los criterios de propuestos en el sistema de categorías: precisión, organización y compleción.

El análisis de contenido se hizo de forma manual, sin utilizar ninguna aplicación o software de apoyo para el análisis cualitativo y atendiendo una serie específica de pasos. Para orientar al lector sobre cómo se ejecutaron cada uno de los pasos, se utiliza el ejemplo de una explicación de un estudiante del Grupo 1.

1. *Recorte de la explicación:* Las evidencias que se integraron en el *corpus* de análisis fueron escaneadas y de cada uno de ellos se obtuvo una captura digital donde se visualizaba la producción explicativa del estudiante. Estas capturas digitales se integraron en un documento de Word. En la figura 4 se muestra un ejemplo de la captura digital de una explicación de un estudiante del Grupo 1.

#### Figura 4

*Ejemplo de captura digital de una explicación de un estudiante del Grupo 1*



2. *Establecer relaciones entre el contenido de la explicación y las categorías:* Para ello se fragmentó el contenido del texto del que se obtuvieron palabras y enunciados, el mismo procedimiento se hizo con el dibujo del que se recuperaron cortes de trazos y etiquetas. Estos fragmentos se relacionaron de manera cuidadosa con las categorías correspondientes. De tal forma que se “empaquetó” en una tabla el contenido que se encontró en la explicación y que se atribuyó a cada una de las categorías. En la tabla 11 se muestra un ejemplo de cómo se establecieron las relaciones entre el contenido de la explicación y la categoría.

**Tabla 11**

*Ejemplo de relaciones que se establecieron entre el contenido de una explicación de un estudiante del Grupo 1 y las categorías propuestas en el sistema de análisis*

<b>CRITERIOS</b>	<b>RELACIONES</b>
<b>PRECISIÓN</b>	<p><b>ÓRGANOS Y TEJIDOS</b></p> <p><i>TEXTO:</i> se enuncia boca, “garganta” y estómago. La garganta se relaciona con la faringe.</p> <p><i>DIBUJO:</i> se utilizan flechas para señalar los dibujos de garganta, estómago y ano.</p> <p>NOTA: El estómago se dibuja en forma de intestino.</p>
	<p><b>SECRECIONES DIGESTIVAS</b></p> <p>Ninguna</p>
	<p><b>RELACIÓN DE SISTEMAS</b></p> <p>Ninguna</p>
<b>ORGANIZACIÓN</b>	<p><b>ETAPAS DE LA DIGESTIÓN</b></p> <p><i>TEXTO:</i></p> <p>“Primero se deshace en la boca y después pasa por la garganta” (entrada de alimento)</p> <p>“Hasta llegar al estómago” (desplazamiento de alimento)</p> <p>“Hasta que sale como excremento” (salida de desechos)</p> <p><i>DIBUJO:</i></p> <p>No hay enunciados o dibujos que se relacionen con esta categoría.</p>
<b>COMPLECIÓN</b>	<p><b>CAUSAS Y EFECTOS</b></p> <p><i>TEXTO:</i></p> <p>“Se deshace en la boca” y “Sale como excremento”</p> <p>(sabe que ingresa alimento y que este se transforma en la boca, también sabe que sale un desecho que denomina como “excremento”, pero, no menciona cómo el alimento que se deshizo en la boca se transforma para convertirse en excremento).</p> <p><i>DIBUJO:</i></p> <p>No hay enunciados o dibujos que se relacionen con esta categoría.</p>

3. *Elaboración de la descripción sobre el contenido encontrado en la explicación:* Derivado de las relaciones que se establecieron entre el contenido de la explicación y las categorías, se elaboraron descripciones sobre la caracterización de la producción explicativa. A continuación, se coloca un ejemplo de una de estas descripciones, la cual fue extraída del acervo digital que se construyó durante el análisis de los datos:

La explicación del niño se caracteriza por tener una precisión incipiente en “Órganos y tejidos”. Señala 4 órganos del tracto digestivo, de los cuales 3 aparecen en el texto: boca, “garganta” (faringe) y estómago. En el dibujo se señala el ano con una flecha y, se repite la “garganta” (faringe) y el estómago. Resalta que, el dibujo del estómago tiene forma de intestino. Las “Secreciones digestivas” y la “Relación de sistemas” se encuentran ausentes. No hay elementos del contenido esperado en la explicación. La organización de las “Etapas de la digestión” está en nivel incipiente y se caracteriza por integrar un modelo de entrada de alimento, desplazamiento del alimento y salida de desechos y, el modelo se enuncia únicamente en el texto. En este modelo se consideran dos etapas de la digestión de alimentos porque, el desplazamiento del alimento no se considera como etapa de la digestión. En “Causas y efectos” hay ausencia de relaciones causales. Se mencionan una transformación explícita cuando el niño escribe “se deshace en la boca” y una implícita cuando menciona “sale como excremento”, pero, no manifiesta cómo el alimento se deshace en la boca y tampoco cómo se transforma el alimento en su recorrido por el sistema digestivo para “convertirse” en excremento.

El proceso que se presentó fue el que se utilizó para caracterizar el antes y después de las explicaciones en ambos grupos. El aprovechamiento del material concluyó con el análisis de las explicaciones incluidas en el *corpus* de análisis. En la tercera fase de la metodología de análisis de contenido que refiere al tratamiento del material se generaron conclusiones con base en los resultados que se obtuvieron en esta segunda fase.

Asimismo, se reflexionó acerca de la relación entre los resultados en función del marco teórico y sobre en qué medida el diseño de secuencias didácticas enfocadas en el desarrollo de la explicación escolar favorece o no la construcción de una producción explicativa compleja. Sin embargo, la serie de reflexiones producto de esta

fase se desarrollan a profundidad en los apartados de resultados, discusión y conclusiones del presente documento.

### **3.9 El análisis cuantitativo de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos**

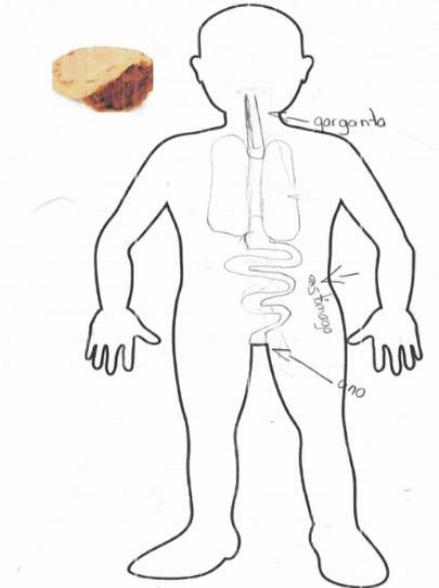
Con el fin de evidenciar las diferencias en las explicaciones científicas sobre la digestión de alimentos que los estudiantes elaboraron antes y después de las secuencias didácticas se decidió incluir el criterio de volumen de conocimiento que pertenece al planteamiento teórico de Jorba (2010). Así, este criterio se utilizó para realizar el análisis cuantitativo de la estructura global de las explicaciones; por esta razón se codificaron numéricamente cada uno de los niveles relacionados con las categorías que se utilizaron para realizar la caracterización cualitativa.

Para asegurar una valoración equilibrada fue necesario realizar una ponderación debido a la diferencia en el número de categorías entre los criterios de precisión y los criterios de organización y compleción. Mientras que la precisión incluyó tres categorías, los criterios de organización y compleción solo tuvieron una categoría. Por lo que, asignar el mismo puntaje en todas las categorías hubiera generado una sobrevaloración del criterio de precisión. En este sentido, se optó por multiplicar por tres el valor de los niveles de las categorías que pertenecen a los criterios de organización y compleción, así el puntaje mínimo de una explicación es igual a 9 puntos y el máximo puntaje es igual a 36 puntos.

De tal forma que las categorías: “*Órganos y tejidos*”, “*Secreciones digestivas*” y “*Relación de sistemas*” que corresponden al criterio de precisión se asignó 1 para nivel ausente, 2 para nivel incipiente, 3 para nivel parcial y 4 para nivel global. En la categoría: “*Etapas de la digestión*” que se vinculó con el criterio de organización y la categoría “*Causas y efectos*” que se asoció con el criterio de compleción se asignó 3 para nivel ausente, 6 para nivel incipiente, 9 para nivel parcial y 12 para nivel global. En la figura 5 aparece un ejemplo sobre cómo se asignó el puntaje para determinar el volumen de conocimiento encontrado en una explicación.

**Figura 5**

Ejemplo de la valoración de volumen de conocimiento de una explicación del Grupo 1

RECORTE DE LA EXPLICACIÓN	 <p>Primero se deshace en la boca después pas por la garganta hasta llegar al estómago hasta que sale como excremento.</p>																																				
ASIGNACIÓN DE VALORES NUMÉRICOS	<table border="1"> <thead> <tr> <th>CRITERIOS</th> <th>NIVEL</th> <th>VALOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>ÓRGANOS Y TEJIDOS</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>INCIPIENTE</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SECRECIONES DIGESTIVAS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PRECISIÓN</td> <td>AUSENTE</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>RELACIÓN DE SISTEMAS</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>AUSENTE</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ETAPAS DE LA DIGESTIÓN</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ORGANIZACIÓN</td> <td>INCIPIENTE</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CAUSAS Y EFECTOS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>COMPLECIÓN</td> <td>AUSENTE</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>TOTAL</b></td> <td><b>13</b></td> </tr> </tbody> </table>	CRITERIOS	NIVEL	VALOR		ÓRGANOS Y TEJIDOS			INCIPIENTE	2		SECRECIONES DIGESTIVAS		PRECISIÓN	AUSENTE	1		RELACIÓN DE SISTEMAS			AUSENTE	1		ETAPAS DE LA DIGESTIÓN		ORGANIZACIÓN	INCIPIENTE	6		CAUSAS Y EFECTOS		COMPLECIÓN	AUSENTE	3		<b>TOTAL</b>	<b>13</b>
CRITERIOS	NIVEL	VALOR																																			
	ÓRGANOS Y TEJIDOS																																				
	INCIPIENTE	2																																			
	SECRECIONES DIGESTIVAS																																				
PRECISIÓN	AUSENTE	1																																			
	RELACIÓN DE SISTEMAS																																				
	AUSENTE	1																																			
	ETAPAS DE LA DIGESTIÓN																																				
ORGANIZACIÓN	INCIPIENTE	6																																			
	CAUSAS Y EFECTOS																																				
COMPLECIÓN	AUSENTE	3																																			
	<b>TOTAL</b>	<b>13</b>																																			

Después de establecer el volumen de conocimiento que se encontró en cada una de las explicaciones, se recopilaron los resultados por grupo para describir las diferencias registradas en las explicaciones sobre la digestión de alimentos a nivel grupal.

### 3.10 Análisis estadístico

Una vez concluida la caracterización cualitativa y la valoración cuantitativa del antes y el después de las explicaciones científicas escolares de ambos grupos, se realizaron pruebas para determinar si se registraron diferencias estadísticamente significativas. Es decir, si los avances y los contrastes encontradas entre el antes y después de las explicaciones de cada grupo y entre los grupos fueron estadísticamente significativos y no un producto de variabilidad aleatoria.

Para determinar las diferencias estadísticamente significativas en los avances de las cinco categorías de las explicaciones de un grupo antes y después de la implementación de la secuencia didáctica, se utilizó la prueba de rangos con signos de *Wilcoxon*. Un nivel mayor en cada una de las categorías indica un mayor avance. Si, en efecto, la secuencia didáctica favorece el avance en cada categoría, la mediana de la población de todas las diferencias sería mayor que 0, es decir, positiva. En contraste, si la secuencia no tiene efecto, la mediana de la población sería cero. Por lo tanto, las hipótesis nula y alternativa son:

- Hipótesis nula: la mediana de las diferencias es cero [ $P (+) = P (-1)$ ] en cada una de las categorías tanto en el Grupo 1 como en el Grupo 2.
- Hipótesis alternativa: la mediana de las diferencias es positivo [ $P (+) > P (-1)$ ] en cada una de las categorías.

Por otro lado, para contrastar las diferencias entre los dos grupos participantes en el antes y después de la implementación de las secuencias, se usó la prueba estadística *U Mann Whitney*. En esta prueba también se establecieron dos hipótesis:

- Hipótesis nula: las medianas del Grupo 1 y del Grupo 2 antes/después de la aplicación de la secuencia didáctica son iguales estadísticamente significativas.
- Hipótesis alternativa: las medianas del Grupo 1 y del Grupo 2 antes/después de la aplicación de la secuencia didáctica son diferentes estadísticamente significativas.

Todas las pruebas estadísticas fueron calculadas en el programa SPSS versión 27 y el valor de significancia fue considerado menor o igual a 0.05.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Se caracterizaron las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos de dos grupos de sexto grado antes y después de una secuencia didáctica diseñada *exprofeso* para desarrollar la habilidad explicativa (Grupo 1) y de una secuencia didáctica enfocada en la enseñanza regular (Grupo 2). El *corpus* de análisis del Grupo 1 fue de 28 explicaciones y del Grupo 2 fue de 30 explicaciones.

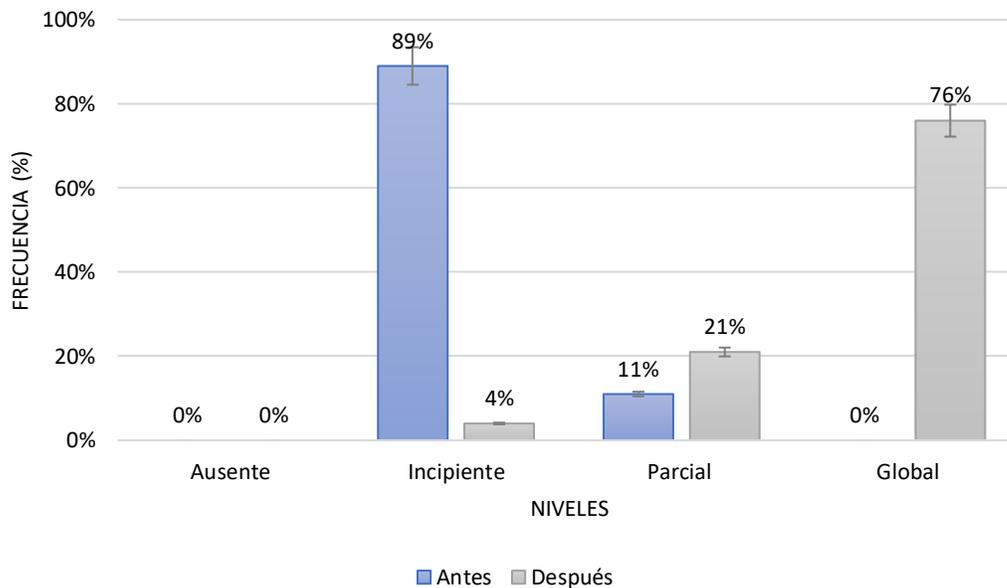
A partir del análisis fue posible detectar las características específicas de las explicaciones que construyeron los estudiantes antes y después de la implementación de las secuencias didácticas y determinar las diferencias y similitudes que se detectaron en ambos momentos en los dos grupos. En este apartado se informa sobre conjunto de los resultados encontrados, los cuales se reportan en función de la caracterización cualitativa que se realizó con el sistema de categorías basado en las aportaciones teóricas de Jorba (2010) y Hall (2016) y de lo cuantitativo producto del sistema de valoración donde se empleó el criterio de volumen de conocimiento (Jorba, 2010).

### 4.1 Precisión de las explicaciones del Grupo 1

En el criterio de *precisión*, con respecto a la categoría “*Órganos y tejidos*” en el Grupo 1 se obtuvieron los resultados que aparecen en el gráfico 1.

### Gráfico 1

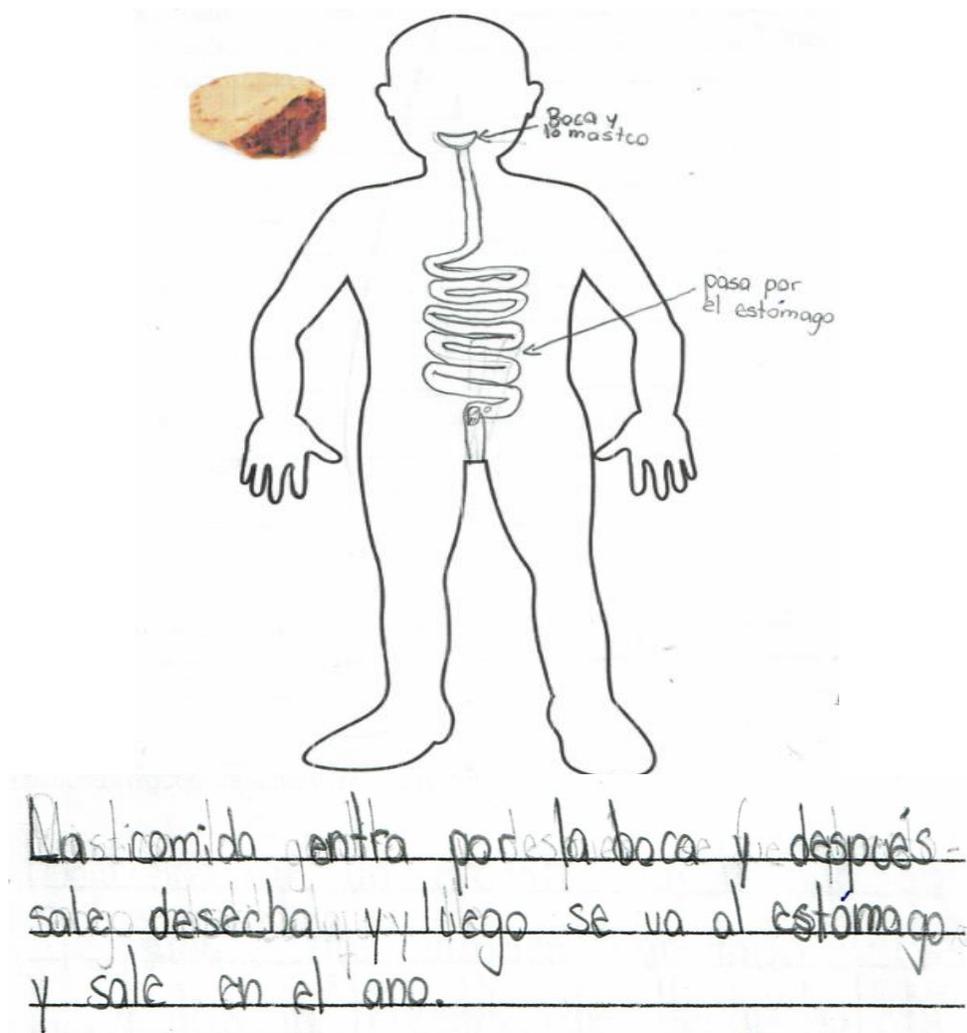
*Frecuencia de los niveles en la categoría “Órganos y tejidos” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 1*



*Antes de la secuencia didáctica, como se observa en el gráfico 1, el 89% de las explicaciones tenían una precisión incipiente en esta categoría. Es decir, que en el contenido se nombró y/o representó de 1 a 4 órganos y tejidos del sistema digestivo, mencionando de forma frecuente: boca, esófago, estómago y ano. En la figura 6 aparece una explicación situada en este nivel.*

**Figura 6**

*Ejemplo representativo de una explicación inicial ubicada en el nivel incipiente de un estudiante del Grupo 1 en la categoría: “Órganos y tejidos”*




---

**ETIQUETA**
**G1\_24\_EVA\_ANTES**


---

**NIVEL**
**INCIPIENTE**


---

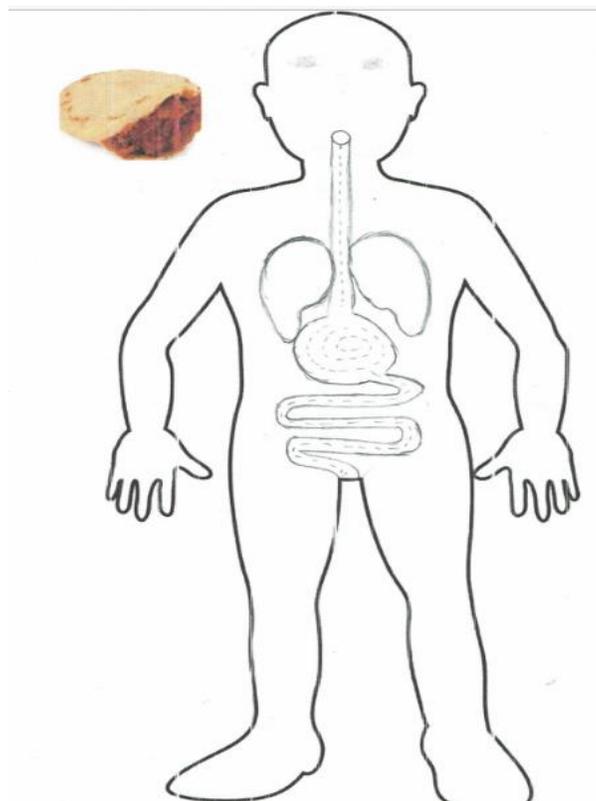
Como se muestra en la explicación G1\_24\_EVA\_ANTES en el contenido se detectaron pocos órganos y tejidos para explicar la digestión de alimentos, esta fue una característica común de las explicaciones ubicadas en el nivel incipiente. Además, la forma de dibujar a los órganos y tejidos fue simple y poco estructurada. Por ejemplo, en el dibujo de la explicación citada, la boca se representó utilizando la forma de un

círculo u óvalo, no se empleó una forma compleja que incluyera, la lengua y los dientes. El esófago aparece como un tubo recto que une la boca con el estómago. Es importante resaltar que en la mayoría de las explicaciones iniciales con un nivel incipiente, el estómago se dibujó con forma de intestino, tal y como se observa en el ejemplo citado. La estructura del sistema digestivo concluye en el ano que se dibuja como un tubo recto de tamaño pequeño.

En contraste, el 11% de las explicaciones iniciales se catalogó con una precisión parcial y se distinguieron porque en el contenido se incorporaron de 5 a 7 órganos y tejidos, señalando por lo regular: boca, “garganta” (faringe), esófago, estómago, intestinos y ano. Así la diferencia entre el nivel incipiente y el parcial dependió de nombrar y/o representar a los “intestinos” y la “garganta” (faringe). En la figura 7 aparece un ejemplo de una explicación con estas características.

### **Figura 7**

*Ejemplo representativo de una explicación inicial ubicada en el nivel parcial de un estudiante del Grupo 1 en la categoría “Órganos y tejidos”*



El proceso de digestión empieza en la boca cuando masticamos la comida, después pasa por la garganta, hasta llegar al estómago y ahí se desintegra alguna parte de la comida y lo demás lo desecha, pasa por un ducto digestivo a llegar al ano para defecar.

ETIQUETA

G1\_14\_JANNA\_ANTES

NIVEL

PARCIAL

Como se observa en la explicación G1\_14\_JANNA\_ANTES, esta incluye una mayor cantidad de órganos y tejidos para explicar la digestión de alimentos, agregando la “garganta” (faringe) y “ducto digestivo” (intestino delgado y/o intestino grueso). Sin embargo, el uso del léxico para referirse a ambos órganos es inapropiado. A diferencia de las explicaciones con una precisión incipiente, la manera de dibujar a los órganos y tejidos se distinguió por asemejarse más a las formas convencionales de los dibujos del sistema digestivo que aparecen en láminas y libros de texto, formatos con los que los estudiantes están ampliamente familiarizados. Por ejemplo, en el caso de la explicación citada, el estomago se dibujo en forma de “bolsa” y no de intestino como en las explicaicones ubicadas en el nivel incipiente en esta misma categoría.

Como se muestra, los estudiantes incluyeron en sus explicaciones iniciales a órganos y tejidos del sistema digestivo para explicar la digestión de alimentos. Sin embargo, el léxico que utilizaron para nombrarlos y/o representarlos no fue completamente preciso. Los estudiantes que incorporaron alguna representación de los intestinos no establecieron diferencias entre el intestino delgado y el intestino grueso, sino que los etiquetaron como un conjunto indiferenciado, utilizando así términos

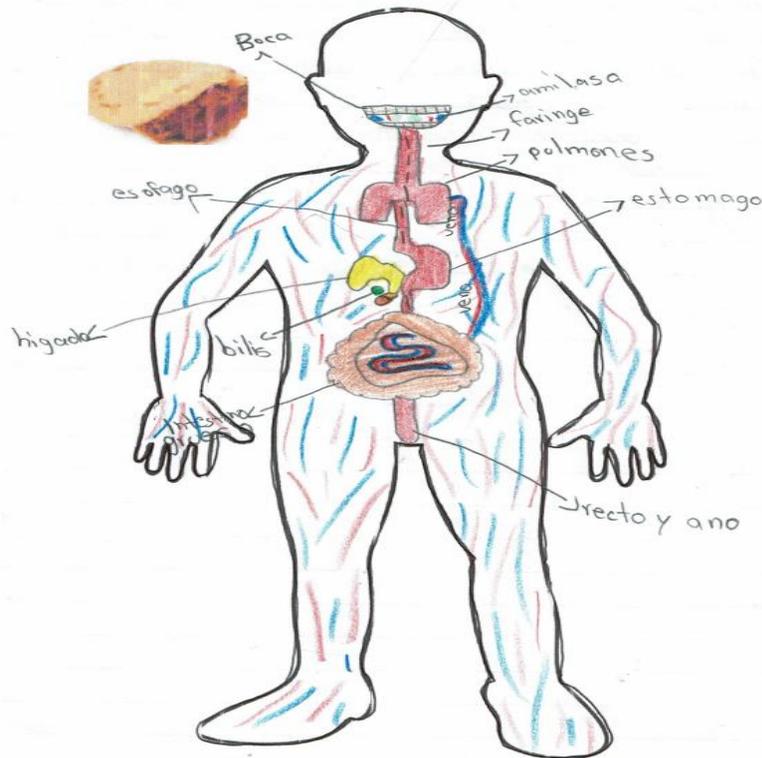
como “intestinos” o “ducto digestivo” para nombrarlos. En las explicaciones también se detectó uso inadecuado del léxico para nombrar a la faringe, los estudiantes utilizaron, en cambio, el término “garganta” para referirse a este órgano.

La falta de precisión para nombrar y/o representar a una gama amplia de órganos y tejidos indicaron que los estudiantes de este grupo tenían un conocimiento limitado sobre la estructura del sistema digestivo. Los dibujos generalmente representaron un tubo continuo que empezó en la boca, se extendió en la cavidad abdominal y concluyó en el ano. Sin embargo, se detectaron explicaciones cuyos dibujos presentaron una estructura aún más acotada del sistema digestivo que inició en la boca y terminó en la cavidad abdominal con el estómago o el grupo de intestinos. Independiente del modelo gráfico utilizado, en todos los casos, el sistema digestivo se dibujó como una prolongación vertical de órganos y tejidos con pocas conexiones entre ellos.

*Después de la secuencia didáctica*, se detectaron avances notables para esta categoría en el grupo 1, avanzando a los niveles parcial y global principalmente. El 21% de las explicaciones que se identificaron con una precisión parcial integraron hasta 7 órganos y tejidos del sistema digestivo como: boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso y ano. Esto las diferenció de las explicaciones iniciales ubicadas en este mismo nivel, donde generalmente se detectaron 5 o 6 órganos. En la figura 8 se observa un ejemplo de estas explicaciones.

**Figura 8**

Ejemplo representativo de una explicación final ubicada en el nivel parcial de un estudiante del Grupo 1 en la categoría “Órganos y tejidos”



Todo el proceso de la digestión comienza en la boca la amilasa comienza a desintegrar los alimentos después pasa por la faringe y llega al esófago y pasa al estómago luego pasa al intestino delgado y pasa al hígado y ahí suelta jugos pancreáticos y después pasa por el intestino grueso y luego absorbe todo lo bueno y lo malo se convierte en excremento.

**ETIQUETA**

G1\_08\_ERNESTO\_DESPUÉS

**NIVEL**

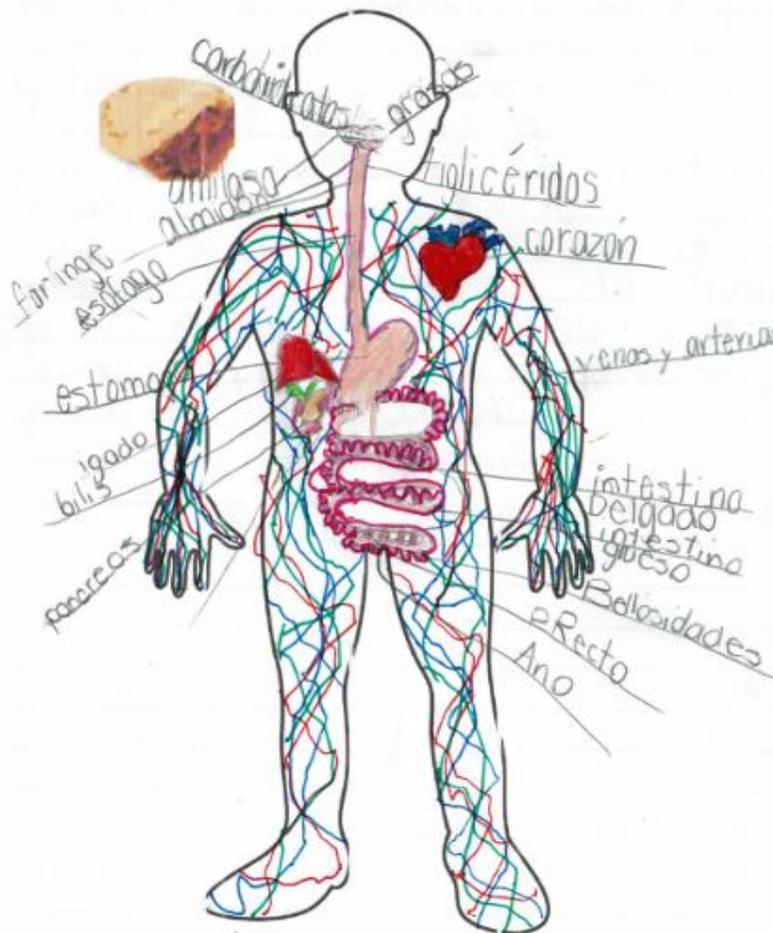
PARCIAL

Como se observa, el dibujo de la explicación G1\_08\_ERNESTO\_DESPUÉS muestra una estructura más compleja del sistema digestivo y las formas de los dibujos son más elaboradas. En este caso, la boca se dibujó incluyendo a lengua y dientes.

En contraste, el 76% de las explicaciones finales se ubicaron en un nivel global se distinguieron por incluir de 8 a 10 órganos y tejidos involucrados en la digestión de alimentos y egestión de desechos. La diferencia entre un nivel y otro dependió de nombrar y/o representar a órganos y tejidos como: hígado, páncreas y vellosidades. En la figura 9 se observa un ejemplo de estas explicaciones.

### Figura 9

*Ejemplo representativo de una explicación final ubicada en el nivel global de un estudiante del Grupo 1 en la categoría “Órganos y tejidos”*



primero mastica la comida si es un liquido  
 llamado amilaza despues pasa por la  
 faringe despues por el esofago despues  
 al estomago y suelta jugos gastricos  
 Se ablando mucho mas pasa al intestino  
 delgado suelta el jugo pancreatico y  
 babilis lo desase más y pasa al  
 intestino grueso exprime la ultima  
 porción del agua que le queda y se  
 acumula en el recto hasta que te den  
 ganas de ir al baño.

<b>ETIQUETA</b>	G1_03_DELILAH_DESPUÉS
<b>NIVEL</b>	GLOBAL

Como se muestra en la explicación G1\_03\_DELILAH\_DESPUÉS, el estudiante nombra y representa una gama amplia de órganos y tejidos que participan en la digestión de alimentos y egestión de desechos, en consecuencia, se muestra una representación del sistema digestivo más nutrida.

Es importante resaltar que, en las explicaciones finales, se detectó mayor precisión en el uso del léxico para referirse a los órganos y tejidos involucrados en la digestión de alimentos, los términos “garganta” e “intestinos” que aparecían usualmente en las explicaciones iniciales dejaron de utilizarse y, en cambio, se encontraron las palabras faringe, intestino delgado e intestino grueso, respectivamente. Esto no solo mostró una evolución en el uso del léxico, sino que también manifestó un avance considerable en la diferenciación de algunos órganos como el intestino delgado y el intestino grueso, pues los estudiantes dejaron de utilizar un lenguaje simplificado para señalarlos.

Un dato que llamó la atención fue que, a diferencia de los dibujos iniciales, en estos se integró con mayor frecuencia flechas y etiquetas para señalar el nombre y la ubicación de los órganos y tejidos en la silueta humana. Las formas también se

modificaron y fueron más parecidas a las representaciones convencionales, desapareciendo así los dibujos del estómago con forma de intestino.

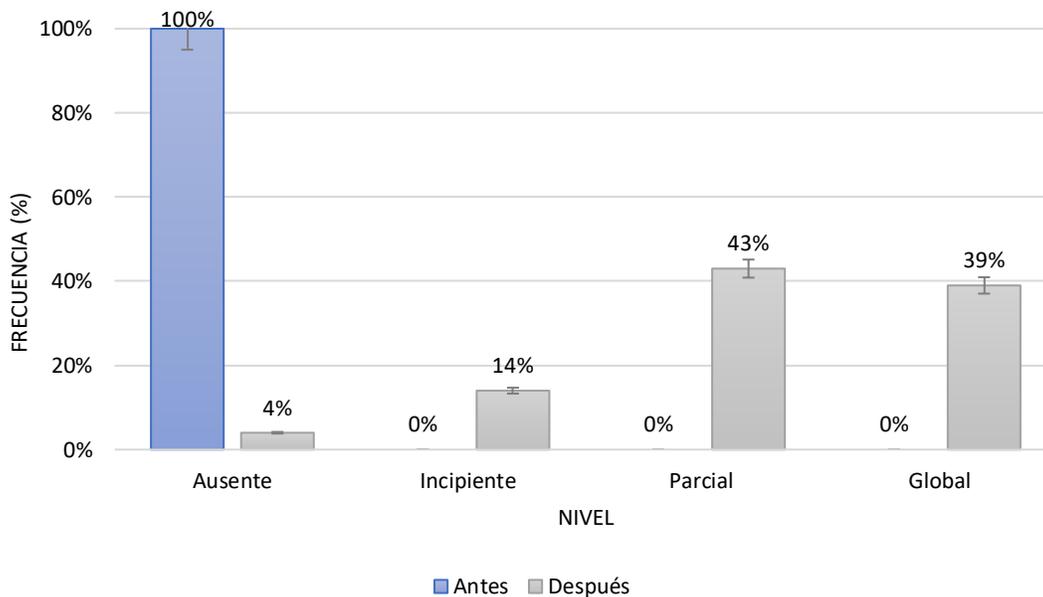
Por otro lado, el 4% de explicaciones finales que se registraron en un nivel incipiente compartieron características similares a las que presentaron las explicaciones iniciales situadas en este mismo nivel y estas pertenecieron a estudiantes que faltaron constantemente a las clases.

Se sugiere que la actividad de simulación de la digestión de alimentos influyó en los resultados obtenidos en las explicaciones que construyeron los estudiantes después de la implementación de la secuencia didáctica. Debido a que, en esta actividad, los estudiantes tuvieron la oportunidad de recordar y describir oralmente la estructura de cada uno de los órganos y tejidos del sistema digestivo. Además, elaboraron inferencias respecto a qué materiales de uso común resultaba conveniente utilizar para representarlos. Este tipo de actividades, donde los estudiantes manipulan y profundizan sobre un modelo del sistema digestivo, pudo contribuir a que los estudiantes construyeran una representación más compleja sobre los órganos y tejidos implicados en la digestión de alimentos y la egestión de desechos.

Siguiendo con la caracterización de las explicaciones, en el criterio de *precisión*, con respecto a la categoría “*Secreciones digestivas*” en el Grupo 1 se obtuvieron los resultados que aparecen en el gráfico 2.

## Gráfico 2

*Frecuencia de los niveles en la categoría “Secreciones digestivas” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 1*



*Antes de la secuencia didáctica*, como se muestra en el gráfico 2, el 100% de las explicaciones presentaron un nivel ausente, ya que no contenían palabras, etiquetas o dibujos que hicieran alusión a los jugos digestivos que participan durante el proceso de digestión de los alimentos. Este dato llevó a pensar que, difícilmente, se encontrarían enunciados en las explicaciones cuyo contenido expresara relaciones de tipo causal y, en consecuencia, los estudiantes tendrían dificultades para abordar las transformaciones bioquímicas que suceden en este fenómeno. Esta inferencia se confirmó cuando se analizaron los datos obtenidos en el criterio de completación, los cuales se detallarán más adelante.

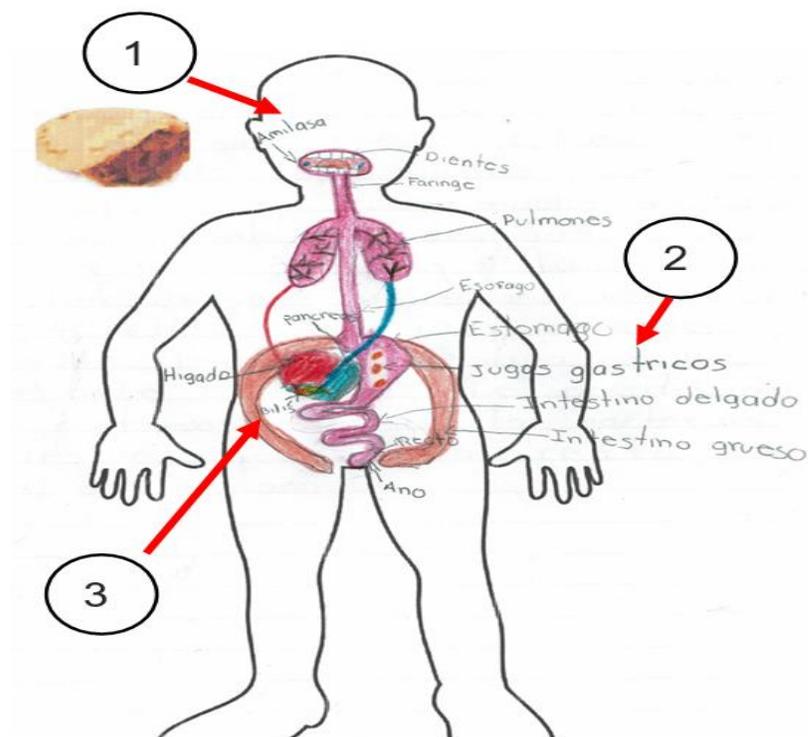
*Después de la secuencia didáctica*, el porcentaje de las explicaciones asignadas en el nivel ausente se redujo considerablemente, aumentando la frecuencia de explicaciones con niveles incipiente, parcial y global. Por ejemplo, el 14% de las explicaciones que se ubicaron en un nivel incipiente se caracterizaron porque en el contenido se nombró a la saliva o a los jugos gástricos. La característica común del 43% de las explicaciones situadas en el nivel parcial fue la integración de dos o tres

secreciones digestivas, enunciado de forma frecuente a la saliva y los jugos gástricos, las que integraron tres secreciones digestivas, incorporaron a las dos secreciones ya mencionadas y añadieron usualmente a la bilis y con menor frecuencia a los jugos pancreáticos. Finalmente, las explicaciones que se identificaron en un nivel global incluyeron las cuatro secreciones digestivas: saliva, jugos gástricos, bilis y jugos pancreáticos.

Una característica que compartieron las explicaciones en esta categoría, independiente del nivel donde se posicionaron, fue que los jugos digestivos se nombraron usualmente en el texto, fueron pocas las explicaciones en las que los estudiantes dibujaron a las secreciones en la silueta humana. De ahí que sea conveniente presentar en la figura 10 un ejemplo de una explicación donde se detectó esta característica.

### Figura 10

*Ejemplos representativos de una explicación final de un estudiante del Grupo 1 ubicada en el nivel parcial donde se señaló la presencia de las secreciones digestivas en la silueta humana*



Primero pasa por la boca y se tritura la gordita con los dientes y se ayuda con la Amilasa; después pasa por la faringe y baja por el esófago hasta que llega al estómago; el estómago suelta jugos gástricos que descomponen la comida y se hace mucho más pequeña y se va al intestino delgado que se ayuda con el páncreas y la bilis del hígado y el intestino delgado tiene varias vellosidades y por ellas pasan los nutrientes y después llegan al intestino grueso y absorbe el agua que quedó de los nutrientes y suelta bacterias y después se va al recto y luego sale por el ano.

<b>ETIQUETA</b>	G1_10_ANDREA_DESPUÉS
<b>NIVEL</b>	PARCIAL

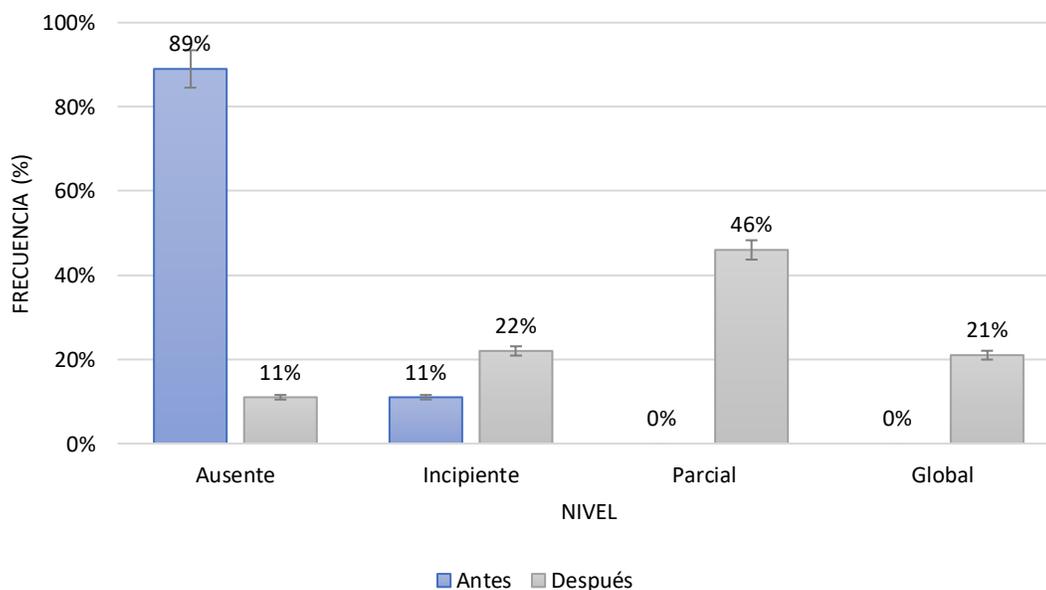
Como se muestra en el dibujo de la explicación G1\_10\_ANDREA\_DESPUÉS, los estudiantes que elaboraron este tipo de producciones incluyeron representaciones de las secreciones digestivas, pero, al no ser muy claras, utilizaron flechas y etiquetas para relacionar tal secreción con el órgano que la produce. Por ejemplo, la saliva se asocia con la boca, los jugos gástricos con el estómago, la bilis con el hígado y los jugos pancreáticos con el páncreas. Cabe mencionar que, los estudiantes utilizaron con frecuencia la enzima amilasa contenida en la saliva, pocas fueron las explicaciones en las que se empleó propiamente la palabra saliva.

Los cambios que se detectaron en el contenido de las explicaciones finales se atribuyen a la práctica de simulación sobre la digestión de alimentos. En esta actividad, los estudiantes simulaban cómo la boca, el estómago, el hígado y el páncreas liberaban secreciones digestivas y cómo éstas participaban en la degradación bioquímica de nutrientes presentes en los alimentos.

Ahora bien, en el criterio de *precisión*, con respecto a la categoría “*Relación de sistemas*” en el Grupo 1 se obtuvieron los resultados que aparecen en el gráfico 3.

### Gráfico 3

*Frecuencia de los niveles en la categoría “Relación de sistemas” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 1*

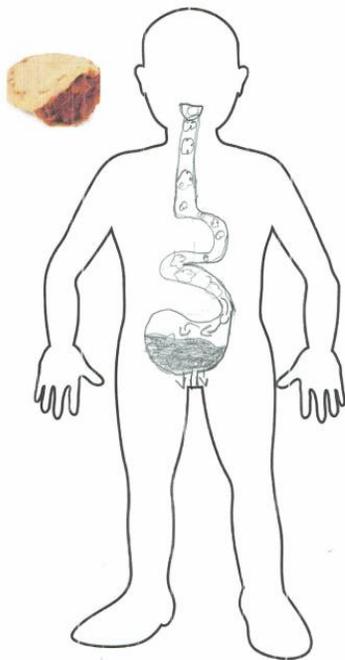


*Antes de la secuencia didáctica*, como se observa en el gráfico 3, el 89% de las explicaciones se ubicaron en un nivel ausente y estas se caracterizaron porque no se representó y/o nombró órganos, tejidos o frases alusivas a la relación del sistema digestivo con el sistema circulatorio.

En cambio, el 11% de las explicaciones con un nivel incipiente se distinguieron porque en el contenido de la explicación se encontró el dibujo del corazón, órgano que se consideró relevante para establecer la relación entre ambos sistemas, pero, no se detectaron frases en los textos donde se señalara una posible relación entre sistemas. En la figura 11 se observan dos dibujos realizados por los estudiantes donde se muestra un ejemplo de las explicaciones situadas en ambos niveles.

**Figura 11**

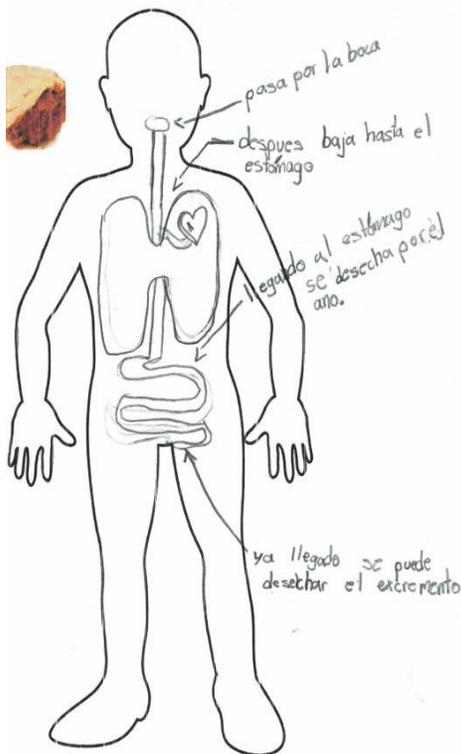
*Ejemplos representativos de dos explicaciones iniciales de los estudiantes del Grupo 1 situados en los niveles ausente e incipiente en la categoría “Relación de sistemas”*



La comida entra por la boca o garganta hasta llegar al estómago después hace digestión y sale por el ano y es cuando tenemos ganas de ir al baño o al exasado.

**ETIQUETA:** G1\_02\_EILEEN\_ANTES

**NIVEL:** AUSENTE



primero pasa por la garganta hasta llegar al estómago después se deshecha por el ano y se vuelve excremento.

**ETIQUETA:** G1\_12\_IRFAN\_ANTES

**NIVEL:** INCIPIENTE

Como se muestra en las explicaciones citadas en la figura 11, los estudiantes tuvieron dificultades para establecer una relación entre el sistema digestivo y el sistema circulatorio en las explicaciones iniciales. En el dibujo de la explicación: G1\_02\_EILEEN\_ANTES esta relación está ausente y en el dibujo de la explicación: G1\_12\_IRFAN\_ANTES se dibujó el corazón, por lo cual se interpretó que el estudiante tenía una noción incipiente de la relación entre dichos sistemas.

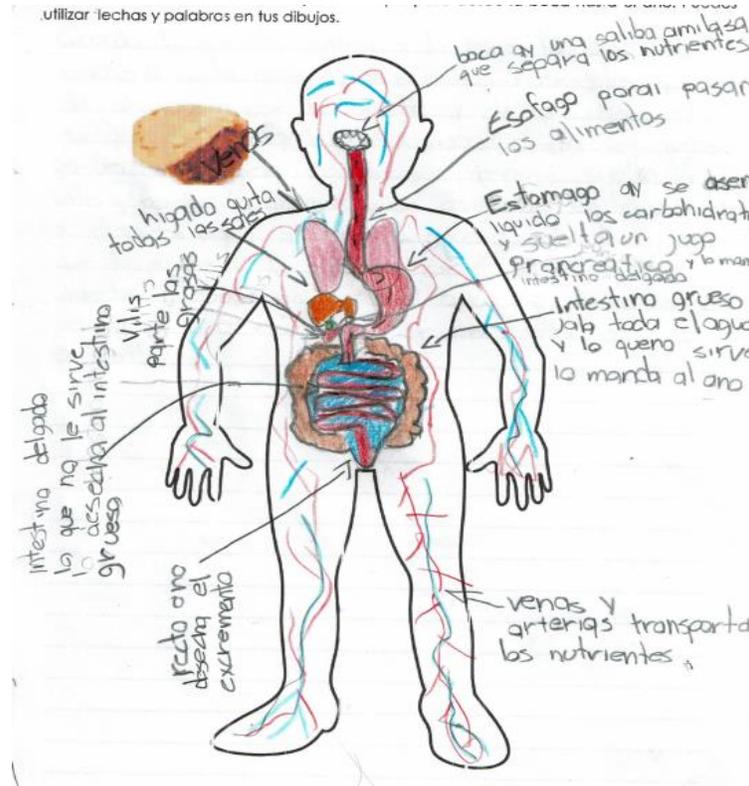
Sin embargo, en ambos ejemplos es evidente el énfasis que se hace para nombrar y/o representar órganos y/o tejidos propios del sistema digestivo. Esto llevó a pensar que los estudiantes tenían una visión reduccionista sobre el funcionamiento del cuerpo humano, la cual implica que un solo sistema es responsable de llevar a cabo determinado proceso, en este caso, el sistema digestivo parece ser el único responsable de digerir los alimentos, absorber y transportar los nutrientes para el óptimo funcionamiento del organismo.

*Después de la secuencia didáctica*, se avanzó de forma distribuida hacia los niveles incipiente, parcial y global y se apreció con mayor frecuencia la relación entre el sistema digestivo y el sistema circulatorio en el contenido de las explicaciones. El 11% de las producciones que permanecieron en el nivel ausente y el 22% de las explicaciones con nivel incipiente mostraron características similares a las explicaciones iniciales situadas en estos mismos niveles.

En cambio, el 46% de las explicaciones que se ubicaron en un nivel parcial se distinguieron por incluir en el texto y/o dibujo a dos órganos y/o tejidos involucrados en la relación del sistema digestivo con el sistema circulatorio. Generalmente, los estudiantes nombraron y/o nombraron a la vena y/o arteria y a un órgano como receptor de nutrientes que, en la mayoría de los casos, fue el pulmón. En la figura 12 se observa un ejemplo de una explicación situada en este nivel.

Figura 12

Ejemplo representativo de una explicación final de un estudiante del Grupo 1 situado en el nivel parcial en la categoría "Relación de sistemas"



Cuando la gordita entra a la boca, la boca la machaca y la amilasa separa los nutrientes y de ahí pasa por la faringe y de ahí pasan al esófago del esófago al estomago suelta los jugos gastricos y parte las glucosas despues suelta la vilis y parte la grasas y se convierte en triglicéridos y despues pasa al intestino grueso jala todo lo que le sirve y lo que no sirve lo manda al intestino grueso exprime el agua y lo demas se va al ano recto y sale en forma de excremento

ETIQUETA

G1\_11\_JORGE\_DESPUÉS

NIVEL

PARCIAL

Como se observa, en las explicaciones ubicadas en un nivel parcial como la G1\_11\_JORGE\_DESPUÉS se establece la relación entre el sistema digestivo y el sistema circulatorio, pero hay dificultades para incorporar al corazón, órgano que bombea la sangre rica en nutrientes hacia los tejidos y órganos del cuerpo humano. En este caso, se dibujaron venas y/o arteria en la silueta del cuerpo humano y además aparece la frase “venas y arterias transportan los nutrientes”.

En el contenido de las explicaciones finales ubicadas en este nivel, la relación entre sistemas se encontró principalmente en los dibujos, pocas fueron las explicaciones que incluyeron dicha relación en el texto, como el caso del ejemplo citado. En la tabla 12 aparecen algunas frases encontradas en las explicaciones donde los estudiantes enunciaron dicha relación y que conviene resaltar.

**Tabla 12**

*Ejemplos representativos de las transcripciones de enunciados extraídos de tres explicaciones finales del Grupo 1 ubicadas en el nivel parcial en la categoría “Relación de sistemas”*

<b>ETIQUETA</b>	<b>TRANSCRIPCIÓN DE ENUNCIADOS</b>
<b>G1_01_NINA_ DESPUÉS</b>	“con ayuda de las vellosidades los nutrientes pasan a las venas y pasan por la sangre hasta llegar a los músculos”.
<b>G1_09_CEDRIC_ DESPUÉS</b>	“los nutrientes se absorben y pasan a las venas y luego llegan a los órganos”.
<b>G1_30_JAZ_ DESPUÉS</b>	“las venas llevan a los ácidos grasos y la glucosa a las células de los órganos del cuerpo”.

Como se muestra en la tabla 12, en los enunciados que se extrajeron de las explicaciones se enuncia a las venas y/o arterias como el medio que permite la distribución de nutrientes hacia los diferentes órganos y tejidos del organismo. Sin embargo, se omiten cómo el corazón participa en la distribución de nutrientes.

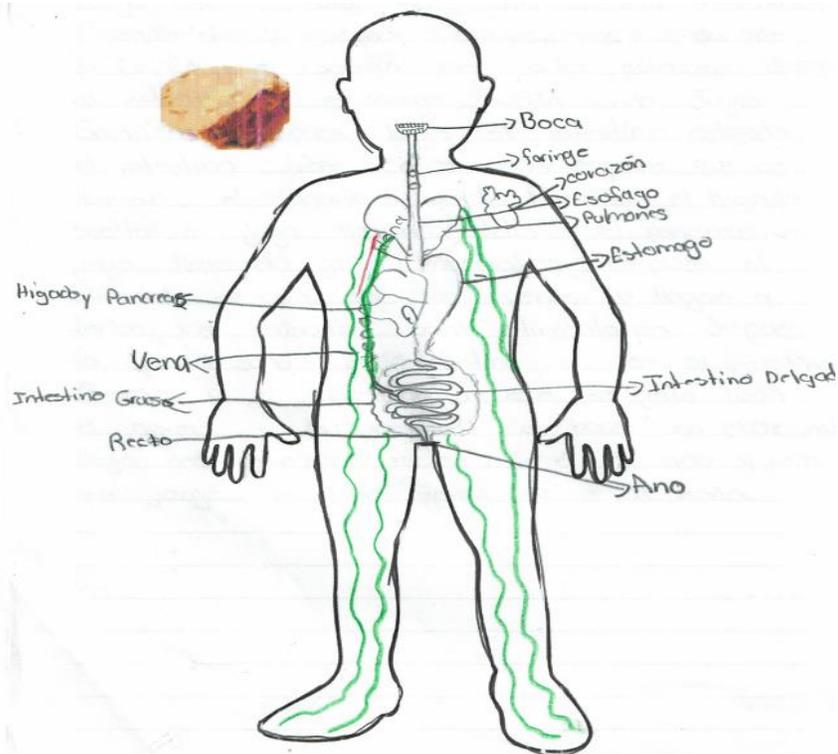
En contraste, el 21% de las explicaciones que se ubicó en el nivel global incluyeron al corazón, las venas y/o arterias y el órgano receptor de nutrientes. A

diferencia de las explicaciones ubicadas en el nivel parcial, en la mayoría de los casos, se encontró en el texto una frase que indicó la relación entre ambos sistemas. En la figura 13 se observa un ejemplo de una de las explicaciones situadas en este nivel.

### Figura 13

*Ejemplo representativo de un dibujo y de un enunciado extraído de una explicación final del Grupo 1 ubicada en el nivel global en la categoría “Relación de sistemas”*

#### DIBUJO



#### ENUNCIADO

Jugo llamado Jugo Pancreático después el alimento se va por las venas y llegan a todos los músculos para alimentarlos después.

ETIQUETA G1\_28\_JACINTA\_DESPUÉS

NIVEL GLOBAL

Como se observa en la explicación G1\_28\_JACINTA\_DESPUÉS, se encuentran elementos para situarla en el nivel global porque, en el dibujo se integró el corazón, la vena y/o arteria que une el intestino delgado con el pulmón, el cual es receptor de nutrientes. Aunado a estas representaciones, en el texto se localizó el enunciado “el alimento se va por las venas y llega a todos los músculos para alimentarlos”. Aunque la frase indicó que es el alimento el que se dirige a las venas en lugar de los nutrientes, debido a la dificultad para reconocer la transformación de los alimentos en nutrientes aprovechables, reflejó que el estudiante identifica que existen sustancias que se incorporan al torrente sanguíneo y que nutren a los órganos y tejidos del cuerpo humano.

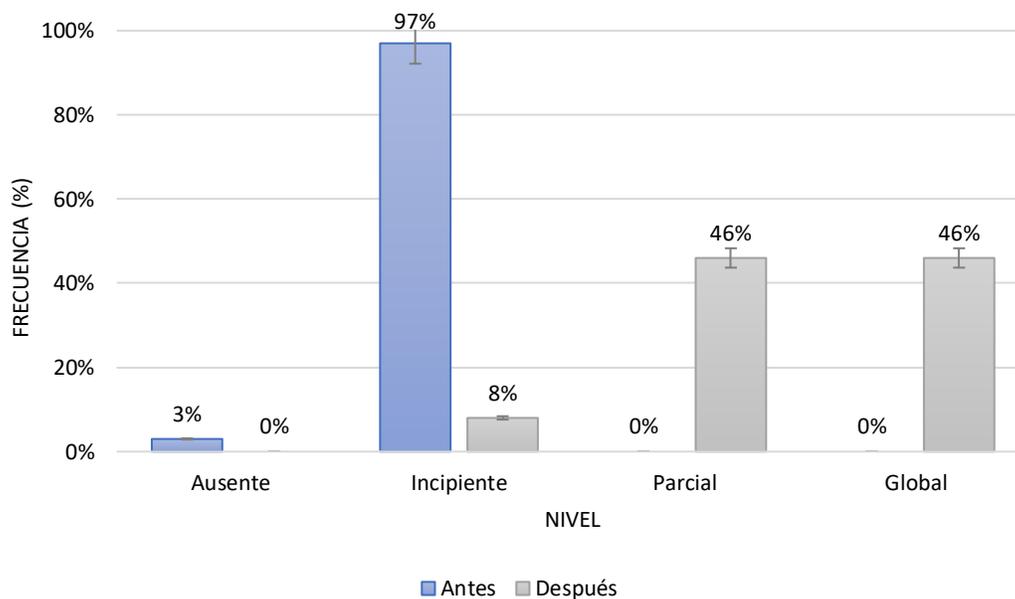
La evolución en los resultados se asocia en gran medida a que los estudiantes participaron en actividades donde observaron cómo los diferentes sistemas del cuerpo humano trabajan entre sí para abastecer de nutrientes a las células de los diferentes órganos y tejidos. Estas actividades incluyen la práctica experimental para detectar nutrientes presentes en los alimentos, la simulación y elaboración de inferencias sobre la digestión de alimentos y la representación teatral sobre cómo se distribuyen dichos nutrientes.

#### **4.2 Organización de las explicaciones del Grupo 1**

Posteriormente, para analizar el criterio de *organización* se estableció la categoría “*Etapas de la digestión*”. Las frecuencias de los niveles para esta categoría se muestran en el gráfico 4.

#### Gráfico 4

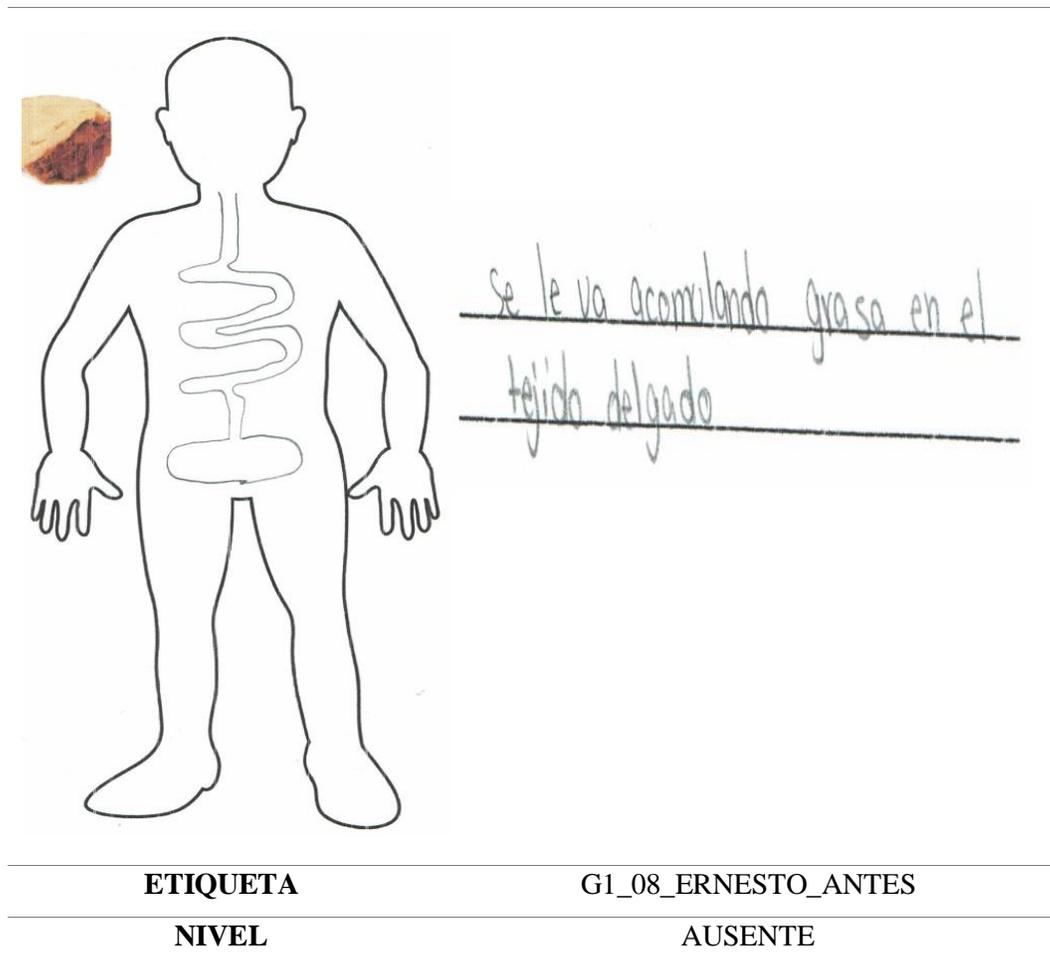
*Frecuencia de los niveles en la categoría “Etapas de la digestión” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 1*



*Antes de la secuencia didáctica, se detectó una explicación donde se omitieron las etapas de la digestión de alimentos, por tanto, fue situada en el nivel ausente. Como se observa en el gráfico 4, esta explicación representó el 3% del total de las evidencias analizadas. En la figura 14 aparece dicha explicación.*

**Figura 14**

*Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 1 ubicada en el nivel ausente en la categoría “Etapas de la digestión”*



Como se muestra en la explicación G1\_08\_ERNESTO\_ANTES se señala que al consumir la gordita se acumula grasa en el tejido delgado, pero, no existen elementos que expliquen cómo ocurren las etapas de la digestión.

En contraste, se presentó un 97% de las explicaciones iniciales con un nivel incipiente, que se caracterizaron porque se detectaron enunciados con una secuencia lógica temporal que explicaban la digestión de alimentos con modelos básicos de organización. Este modelo incluyó dos etapas: entrada de alimento y salida de desechos. Entre una etapa y otra se colocó el desplazamiento del alimento para unir ambas etapas, aunque no se considera propiamente una etapa de la digestión. En la

tabla 13 se recolectan citas textuales de los enunciados encontrados frecuentemente en el contenido de las explicaciones.

**Tabla 13**

*Ejemplos representativos de las transcripciones del texto de tres explicaciones iniciales de estudiantes del Grupo 1 ubicadas en el nivel incipiente en la categoría “Etapas de la digestión”*

ETIQUETA	TRANSCRIPCIÓN DE EXPLICACIONES
G1_06_JONA _ANTES	“Jorge se comió una gorda, le paso por la boca, y el estómago, y luego sale por el ano”
G1_02_EILEEN _ANTES	“La comida entra por la boca o garganta, hasta llegar al estómago, después hace digestión, y sale por el ano y es cuando tenemos ganas de ir al baño o al excusado”
G1_21_JAVIER _ANTES	“Primero masticamos la gordita, después pasa por la garganta hasta llegar al estómago y después se divide en dos partes, una es la que ocupa el cuerpo y la otra la desecha”

Nota: Con color amarillo se resalta la *entrada de alimentos*, con color azul el *desplazamiento de alimento*, con color verde la *salida de alimentos* y con color rosa las *nociones simples de transformación o separación de sustancias*.

Como se muestra en la tabla 13, las explicaciones iniciales situadas en el nivel incipiente en esta categoría son poco estructuradas y compartieron un modelo explicativo simple. Tal es el caso de la explicación G1\_06\_JONA\_ANTES donde se detectó explícitamente la entrada de alimentos, desplazamiento del alimento y salida de desechos. En el contenido no se registraron datos que sugirieran que el estudiante tuviera nociones sobre las transformaciones que ocurren en el proceso de digestivo o bien, sobre la separación de nutrientes y desechos. Explicaciones de este tipo indicaron que los estudiantes entendían que el alimento simplemente se desplazaba a través de un “tubo digestivo” hasta salir, sin que esto implicara necesariamente modificaciones en su estructura, ni físicas y tampoco bioquímicas.

Sin embargo, en las explicaciones iniciales de este grupo se encontraron algunas que compartieron el modelo enunciado, pero, que sí incluyeron nociones simples de transformación o separación de sustancias. Por ejemplo, en explicaciones

como la G1\_02\_EILEEN\_ANTES y la G1\_21\_JAVIER\_ANTES se utilizaron frases como “hace digestión” y “masticamos la gordita” que indican que los estudiantes reconocían aunque de forma incipiente la transformación física de los alimentos, aunque no se profundizó cómo y qué produce dichas transformaciones. Encontrar estas frases en las explicaciones fue común y aunque comparten el modelo básico de entrada de alimento y salida de desechos, se diferencian de las que consideran que el alimento simplemente se desplaza de la boca al ano.

En explicaciones como la ya citada G1\_21\_JAVIER\_ANTES además de encontrar frases que indicaban nociones simples sobre la transformación del alimento, también se detectaron frases como “se divide en dos partes, una es la que ocupa el cuerpo y la otra la desecha”, que evidenciaban que los estudiantes contaban con nociones incipientes sobre la obtención de nutrientes que el organismo necesita y la eliminación de desechos. Sin embargo, el lenguaje que se utilizó tendió a simplificar los procesos, lo cual sugiere que los estudiantes no tenían el conocimiento necesario para explicar desarrolladamente sobre la digestión y la egestión.

Aun cuando se presentaron diferencias en las explicaciones iniciales ubicadas en el nivel incipiente, el común denominador entre ellas fue que los estudiantes omitieron etapas del proceso de digestión, como la degradación de alimentos para obtener nutrientes y la absorción de nutrientes. Además, denotaban conocimiento basado en el sentido común e incluían vago conocimiento científico sobre la digestión de alimentos. Generalmente, nombró aquello que parece obvio y que está asociado a la experiencia que cualquier persona tiene sobre el proceso digestivo.

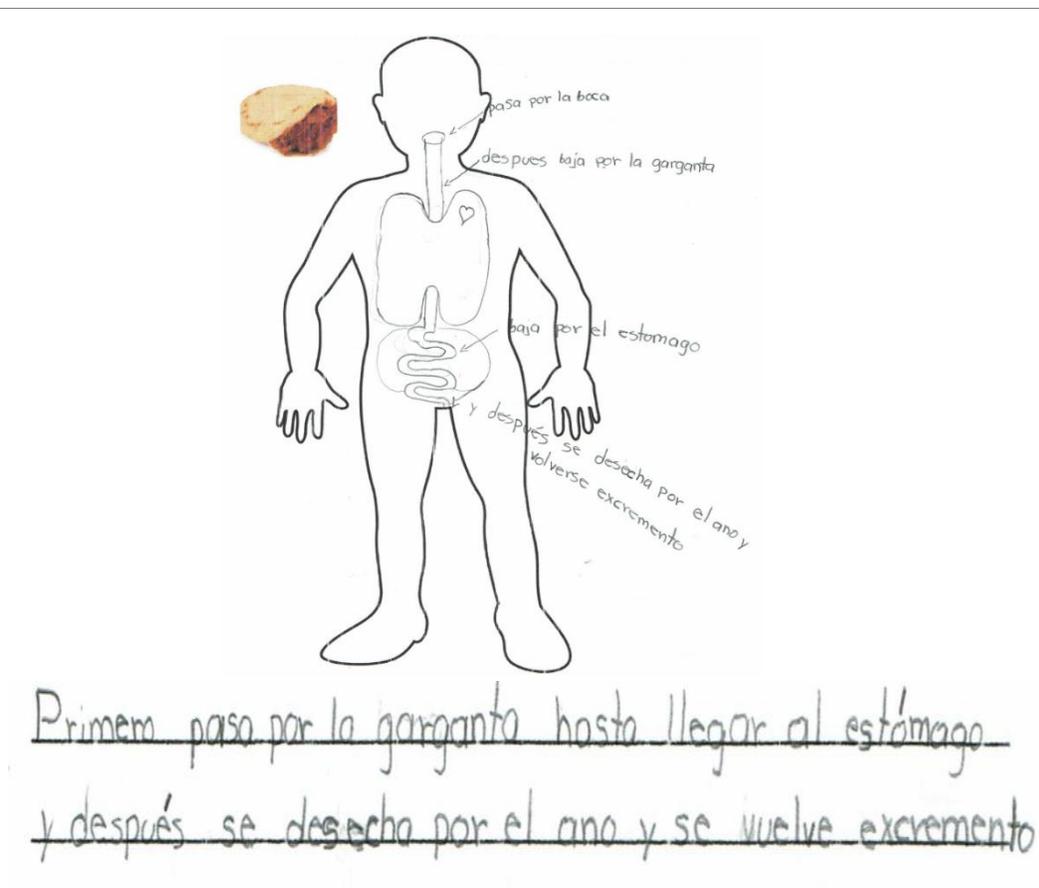
Por ejemplo, es comúnmente aceptado que la comida ingresa y se mastica en la boca y también reconocemos que expulsamos excremento e incluso hemos sentido movimientos en el estómago que asociamos con la digestión. Sin embargo, no se profundizó más allá de lo aparente; en la entrada de alimento, los estudiantes mencionan en su mayoría que, el alimento pasa por la boca o indicaron que la boca hace movimientos como la masticación, pero, no se mencionó como la amilasa, enzima presente en la saliva contribuye en la degradación bioquímica de los nutrientes que contienen los alimentos, porque este proceso no es visible o no se puede sentir

como los otros mencionados anteriormente. Incluso, en el lenguaje que se utilizó para elaborar las explicaciones iniciales, rara vez se encontró léxico que señalara la presencia de nutrientes en el alimento.

Otra característica que compartieron las explicaciones iniciales y que podría parecer superficial, pero, es importante señalar, fue que rara vez se encontraron frases en los dibujos que explicitaran sobre la organización de las etapas de la digestión, los enunciados que se formularon al respecto se encontraron principalmente en el texto. En la figura 15 aparecen algunos ejemplos que cumplieron con esta característica.

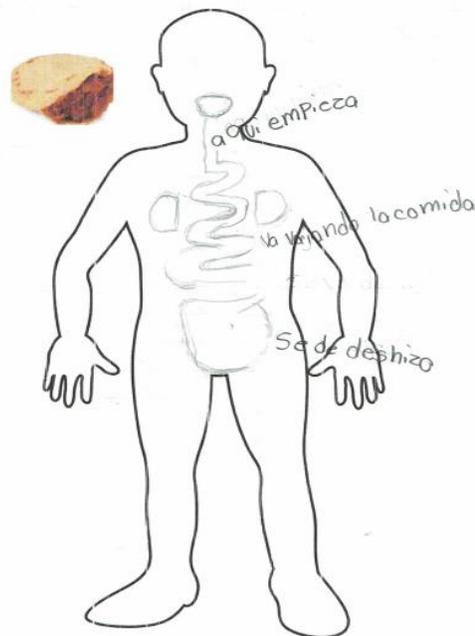
### Figura 15

*Ejemplos representativos de dos explicaciones iniciales de los estudiantes del Grupo 1 donde se detectaron frases vinculadas a las etapas de la digestión en el dibujo de la silueta humana*



ETIQUETA: G1\_10\_ANDREA\_ANTES

NIVEL: INCIPIENTE



Se empieza a comer por la boca se mastica  
 va bajando por e intestinos despues se  
 va deshaciendo y se hacen excremento

**ETIQUETA:** G1\_04\_DELIA\_ANTES

**NIVEL:** INCIPIENTE

Como se observa en la figura 15, en las explicaciones: G1\_10\_ANDREA\_ANTES y G1\_04\_DELIA\_ANTES, los enunciados que se encontraron en la silueta humana fueron cortos, pero, implican el esfuerzo que los estudiantes realizaron por relacionar las etapas de la digestión de alimentos con las partes de la estructura del sistema digestivo donde ocurre cada proceso.

*Después de la secuencia didáctica,* los estudiantes elaboraron enunciados más extensos y complejos para explicar las etapas de la digestión de alimentos, evolucionando así a los niveles parcial y global principalmente, ambos con un 46%. Igual que en las explicaciones iniciales, fue en el texto donde se encontraron los

enunciados que se relacionaron con esta categoría. Respecto al 8% de las explicaciones finales que continuaron situándose en el nivel incipiente, estas compartieron características similares con las explicaciones iniciales que se ubicaron en este mismo nivel.

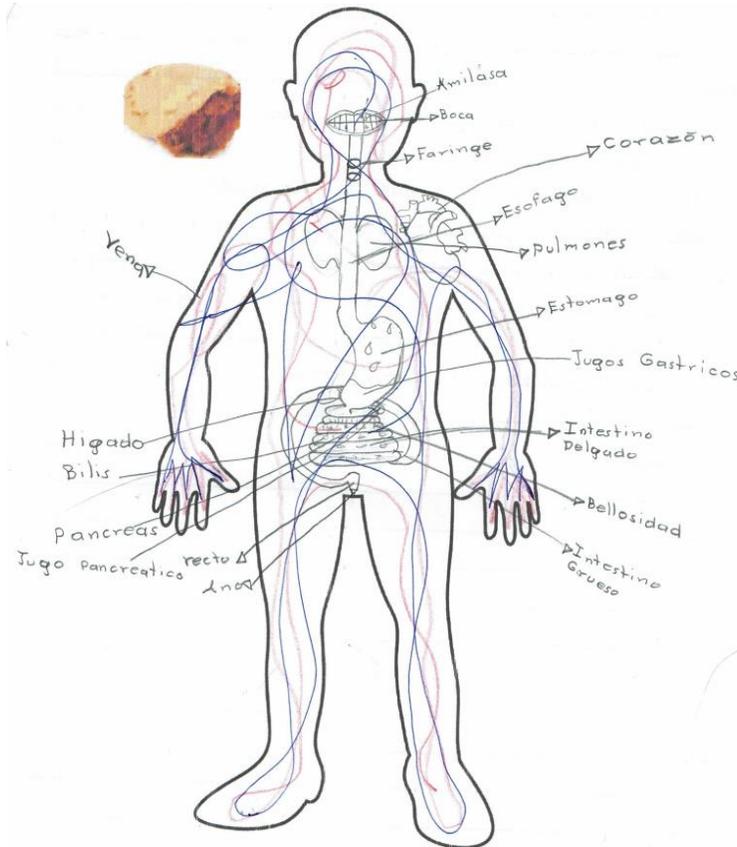
El 46% de las explicaciones con un nivel parcial se distinguieron porque en el contenido se encontró una secuencia lógica temporal para explicar la digestión. En éstas se emplearon modelos más elaborados que consideraron tres de las cuatro etapas señaladas en la digestión de alimentos, añadiendo en todos los casos la degradación del alimento para obtener nutrientes. Sin embargo, ninguna de las explicaciones ubicadas en este nivel incluyeron expresiones sobre la etapa de absorción de nutrientes.

Cabe resaltar que, al revisar el contenido correspondiente a las explicaciones registradas en la categoría “*Órganos y tejidos*”, se detectó que en la mayoría de los casos, sí se había incluido el intestino delgado y sus vellosidades, los cuales participan en la etapa de absorción. Este dato nos llevó a pensar que, la incorporación de una mayor cantidad de órganos y tejidos en las explicaciones finales no necesariamente aseguró una explicación organizada y compleja sobre las etapas de la digestión. En la tabla 14 se muestra un ejemplo de una explicación registrada en el nivel parcial.

Tabla 14

Ejemplo representativo de una explicación final de un estudiante del Grupo 1 ubicada en el nivel parcial en la categoría “Etapas de la digestión”

DIBUJO



TRANSCRIPCIÓN DE  
LA EXPLICACIÓN

“Primero entra la gordita a la boca y los dientes la deshacen y cae la **amilasa**, pasa por la faringe, pasa por el esófago, llega al estómago y suelta los jugos gástricos que deshacen el almidón y una parte de los triglicéridos, pasan el intestino delgado y ahí el hígado suelta la bilis que descompone por completo a los triglicéridos y el páncreas descompone el **almidón**, el resto de la comida pasa al intestino grueso donde se seca por completo se queda en el recto y después pasa por el ano”.

ETIQUETA G1\_14\_JANNA\_DESPUÉS

NIVEL PARCIAL

Nota: Con color amarillo se resalta la *entrada de alimentos*, con color rojo la *degradación del alimento para obtener nutrientes* y con color verde la *salida de alimentos*.

Como se observa en la explicación G1\_14\_JANNA\_DESPUÉS, en el contenido se detectaron elementos sobre la entrada de alimento, degradación del alimento para obtener nutrientes y salida de desechos. En este caso, el texto inicia con efecto de la masticación en el alimento, después menciona el paso del alimento por la faringe y el esófago. Luego, expresa la llegada del alimento al estómago y explicita sobre el proceso de hidrólisis de grasas y carbohidratos, mencionando función de la bilis y el jugo pancreático y finaliza enunciando con el paso de restos de comida por el intestino grueso hasta su expulsión por el ano.

El ejemplo citado es una muestra de cómo se encontró el contenido en las explicaciones que se ubicaron en este nivel, que se distinguieron por contener información más detallada sobre la digestión de alimentos debido a que, incorporaron datos sobre la degradación del alimento para obtener nutrientes, objetivo principal de la digestión. Es decir, que los estudiantes avanzaron de una concepción simplista que alude al simple desplazamiento de alimentos hacia una concepción más elaborada que aborda la transformación del alimento y la hidrólisis de nutrientes.

Este avance sugirió que los estudiantes empezaron a concebir que todo alimento que ingresa al cuerpo se procesa y en este procesamiento hay etapas donde se ven implicados órganos, tejidos y secreciones digestivas. Por ejemplo, en el caso citado anteriormente, en la etapa de entrada de alimento se detectaron datos donde el estudiante intentó dar cuenta sobre la formación y desplazamiento del bolo alimenticio, integrando acciones como la masticación y la presencia de secreciones como la saliva. En la degradación del alimento para obtener nutrientes, se encontraron enunciados que hacen referencia a la hidrólisis de nutrientes en la medida en que el alimento avanza en el tracto digestivo, empleando frases como: “deshace el almidón y una parte de los triglicéridos”. Este tipo de enunciados no aparecían en las explicaciones de los estudiantes antes de la secuencia didáctica y tampoco en las explicaciones después de la secuencia didáctica ubicadas en el nivel incipiente. La elaboración de este tipo de enunciados indicaron que los estudiantes reconocen la presencia de nutrientes en los alimentos. Además, el contenido que explicitaron sobre la salida de desechos también se complejizó porque mencionaron la función del intestino grueso en la formación del excremento.

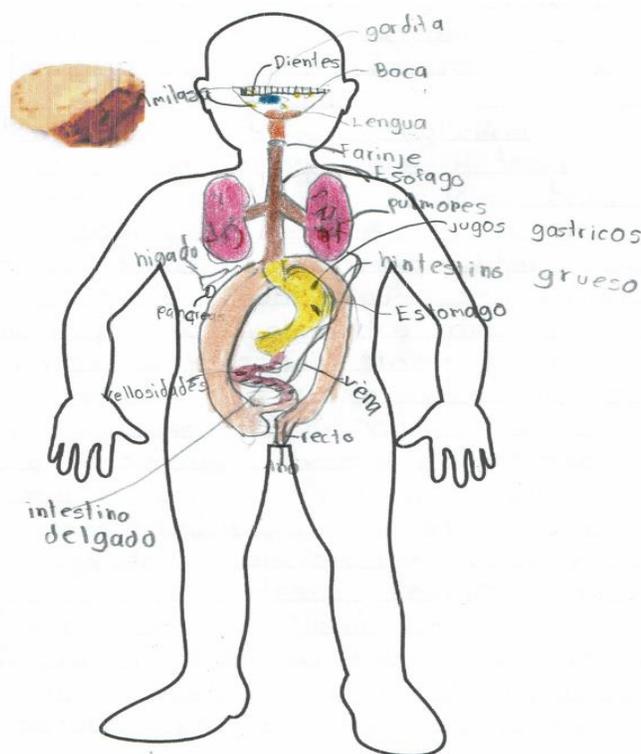
Este tipo de explicaciones se relaciona con el cambio en las concepciones sobre el funcionamiento de los órganos y tejidos involucrados en la digestión de alimentos, a los que se les atribuyó una función dinámica que se hizo explícita con el uso de enunciados como: “la boca mastica”, “el estómago disuelve”, “el intestino grueso absorbe” etcétera. Es importante resaltar que, en las explicaciones iniciales, difícilmente se encontraron enunciados que denotaran una concepción dinámica sobre el funcionamiento de órganos y tejidos, generalmente se les atribuyó una función estática, donde el órgano o tejido simplemente formaba parte de un trayecto por donde el alimento pasaba.

Por otro lado, el 46% de las explicaciones finales situadas en el nivel global se caracterizaron por organizar de forma adecuada las cuatro etapas de la digestión de alimentos. En la tabla 15 se muestra un ejemplo de una de estas explicaciones.

### Tabla 15

*Ejemplo representativo de una explicación final de un estudiante del Grupo 1 ubicada en el nivel global en la categoría “Etapas de la digestión”*

DIBUJO



## TRANSCRIPCIÓN DE LA EXPLICACIÓN

“Cuando la gordita entra a la boca empieza a machacar la gordita con sus dientes con la amilasa que se encuentran en la saliva y empieza a sacar el almidón de la gordita y el triglicérido y luego pasa por la faringe que tenemos más o menos en el cuello y luego baja por el esófago y luego donde el estómago libera unos jugos gástricos que al almidón algunos se convierten en glucosa y los triglicéridos no son tan resistentes que solo se logra sacar una bolita llamado ácido graso y entonces pasan al intestino delgado y se ayuda del hígado que libera un ácido llamado bilis que deshace los triglicéridos y los convierte en ácidos grasos y el páncreas se encarga del almidón que los convierte en glucosa, y el intestino delgado tiene unas vellosidades que se llevan los ácidos grasos y las glucosas a la células, lo que no sirve se pasa al intestino grueso y luego las bacterias que absorben toda el agua y se convierte en excremento y se espera en el recto hasta que tengas ganas de ir al baño”.

ETIQUETA	G1_29_URIAN_DESPUÉS
NIVEL	GLOBAL

Nota: Con color amarillo se resalta la *entrada de alimentos*, con color rojo la *degradación del alimento para obtener nutrientes*, con gris la *absorción de nutrientes* y con color verde la *salida de alimentos*.

Como se observa en la explicación G1\_29\_URIAN\_DESPUÉS, el contenido contiene enunciados sobre la entrada de alimento, degradación del alimento para obtener nutrientes, absorción de nutrientes y salida de desechos. El texto inicia con el proceso de masticación del alimento y la acción de la amilasa en la hidrólisis del almidón, después señala el paso de alimento por la faringe y el esófago. Enseguida, explícita sobre la llegada del alimento al estómago y la acción de los jugos gástricos en la hidrólisis de grasas y carbohidratos, incorpora también el efecto de la bilis en las grasas, continua con la absorción de los nutrientes por las vellosidades del intestino delgado y concluye enunciando el paso de lo no absorbido por el intestino grueso, la absorción de agua por las bacterias para la formación del excremento y la expulsión de desechos.

Las explicaciones situadas en el nivel global incluyen la absorción de nutrientes, lo que sugiere que los estudiantes que elaboraron este tipo de explicaciones tienen una comprensión más amplia sobre el funcionamiento del sistema digestivo, ya que lograron explicitar sobre cómo se descomponen los alimentos a lo largo del tracto digestivo. Además, reconocen que estos nutrientes deben de absorberse para llegar a las células del organismo y así favorecer el funcionamiento óptimo del cuerpo.

Es conveniente subrayar algunas características que las explicaciones situadas en el nivel global compartieron con aquellas que se ubicaron en el nivel parcial. Por ejemplo, los estudiantes relacionaron de forma más integrada los órganos, tejidos y secreciones implicadas en la degradación de alimentos con cada etapa. Asimismo, en la entrada del alimento se identifican: boca, faringe, esófago, saliva y/o amilasa; en la degradación del alimento se consideraron: estómago, intestino delgado, hígado, páncreas, bilis y jugos pancreáticos; en la absorción de nutrientes: intestino delgado y vellosidades y en la salida de desechos: intestino grueso, recto y/o ano, en algunos casos, se enunciaron las bacterias. Esto indicó que la integración de una mayor cantidad de órganos y tejidos involucrados en la digestión favoreció que los estudiantes pudieran generar explicaciones más complejas.

Adicionalmente, en las explicaciones de ambos niveles aparece el uso de terminología específica relacionada con el proceso de hidrólisis de carbohidratos y grasas como “triglicéridos”, “ácidos grasos” y “glucosa” lo que denota que los estudiantes reconocen la presencia de nutrientes en los alimentos y saben que el proceso de digestión implica la descomposición química de los nutrientes.

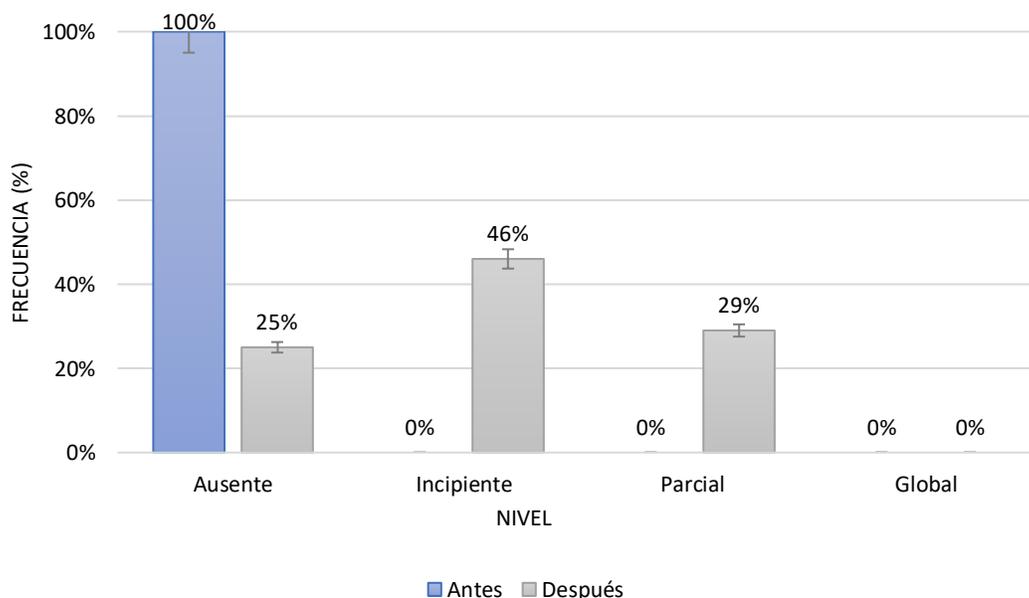
Los resultados obtenidos se asocian a que los estudiantes participaron en actividades como: la práctica experimental para detectar nutrientes presentes en los alimentos, la elaboración de inferencias durante el proceso de simulación de la digestión de alimentos y la construcción del modelo analógico sobre la conexión del intestino delgado, las vellosidades y los vasos sanguíneos. Dichas actividades permitieron al estudiante cuestionarse sobre sus ideas respecto a la digestión de alimentos para reconfigurar y fortalecer sus saberes y así aproximarse a modelos más detallados sobre la estructura y funcionamiento del sistema digestivo.

### 4.3 Compleción de las explicaciones del Grupo 1

Finalmente, en el criterio de *compleción*, con respecto a la categoría “*Causas y efectos*” en el Grupo 1 se obtuvieron los resultados que aparecen en el gráfico 5.

#### Gráfico 5

*Frecuencia de los niveles en la categoría “Causas y efectos” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 1*



*Antes de la secuencia didáctica*, como se muestra en el gráfico 5, el 100% de las explicaciones que se ubicaron en un nivel ausente se caracterizaron porque en el contenido no se encontraron enunciados cuyo contenido indicara una relación causal involucrada en los procesos de transformación física o bioquímica de la digestión. Las tendencias en las explicaciones para explicar la digestión de alimentos se concentraron en el simple paso de alimento a través del tracto digestivo. Fue común encontrar en el contenido de las explicaciones verbos como: “pasa”, “baja” “desciende”, “viaja”, verbos que indican movimiento y desplazamiento del alimento. En algunas explicaciones se detectaron enunciados que señalaron transformaciones, pero, no explicitaron necesariamente una relación causa-efecto. En la tabla 16 se colocan algunos ejemplos de las explicaciones ubicadas en este nivel.

**Tabla 16**

*Ejemplos representativos de transcripciones del texto de cinco explicaciones iniciales de estudiantes del Grupo 1 situadas en el nivel ausente en la categoría “Causas y efectos”*

<b>ETIQUETA</b>	<b>EXPLICACIONES</b>
<b>G1_06_JONA_ANTES</b>	“Jorge se comió una gorda, le pasa por la boca y luego sale por el ano”.
<b>G1_04_DELIA_ANTES</b>	“Se empieza a comer, por la boca se mastica, va bajando por los intestinos, después se va deshaciendo y se hace excremento”.
<b>G1_13_JOSS_ANTES</b>	“Desde la boca hasta el ano la comida va bajando, llega al estómago y se deshace y poco a poco se va convirtiendo en excremento”.
<b>G1_14_JANNA_ANTES</b>	“El proceso de digestión empieza por la boca cuando masticamos la comida, después pasa por la garganta, hasta llegar al estómago y ahí se desintegra alguna parte de la comida y lo demás lo desecha, pasa por un ducto digestivo hasta llegar al ano para defecar”.
<b>G1_33_JARI_ANTES</b>	“Los pedazos de la gordita se van al estómago y se digieren, después se expulsan”.

Como se muestra en las explicaciones de la tabla 16, el contenido de las explicaciones es carente de relaciones causales. Explicaciones como la G1\_06\_JONA\_ANTES, señalaron únicamente el desplazamiento del alimento utilizando verbos como “pasa” y “sale”, sin incluir alguna frase que señalara una noción simple de la transformación del alimento. Pocas explicaciones incluyeron esta noción y comúnmente se asociaron a la función mecánica de la boca, como la G1\_04\_DELIA\_ANTES y el G1\_14\_JANNA\_ANTES donde aparecen conjugaciones del verbo “masticar”, que se relacionan con la causa. Sin embargo, no se indicó el efecto que produce la masticación en el alimento, por tanto, no hay evidencia de relación causal, ya que se encuentra incompleta.

En explicaciones como la G1\_04\_DELIA\_ANTES y la G1\_14\_JANNA\_ANTES, G1\_33\_JARI\_ANTES, se encontraron palabras que indicaron que en el estómago la comida se “deshace”, se “desintegra” o bien, se “digiere”. Este tipo de palabras evidenciaron una tendencia por simplificar los procesos que ocurren en la digestión de alimentos. En estos casos se señaló una transformación relacionada con el estómago, pero, no se encontraron datos que indicaran específicamente la relación causa – efecto. Así, los estudiantes indicaban que algo sucedía en el estómago, pero, omitían nombrar la acción que realiza el estómago para que esto suceda y el efecto queda implícito al intentar simplificar dicho proceso. Es común encontrar este tipo de simplificaciones en las explicaciones iniciales y se piensa que esta tendencia está íntimamente relacionada con el desconocimiento que los estudiantes tenían sobre cómo ocurren los procesos de la digestión de alimentos.

Además, los estudiantes atribuyeron una función dinámica solamente a la boca y el estómago, pero, el resto de los órganos y tejidos involucrados se vincularon con una función estática (tabla 16). Estas aproximaciones están relacionadas con acciones mecánicas que producen cambios físicos en el alimento y son fáciles de reconocer debido a la evidencia empírica con la que cuentan los estudiantes. Es decir, saben que la boca mastica y seguramente han escuchado que el estómago digiere los alimentos. En ninguna explicación se señaló una transformación de tipo bioquímico, esto estuvo asociado con el nivel ausente que se registró en el 100% de las explicaciones iniciales en la categoría de “*Secreciones digestivas*”.

*Después de la secuencia didáctica*, el 25% de explicaciones finales siguieron ubicándose en el nivel ausente, éstas presentaron características similares a las explicaciones iniciales ubicadas en este mismo nivel. El resto de las explicaciones se distribuyó en los niveles incipiente y global.

El 46% de las explicaciones finales avanzaron a un nivel incipiente y se distinguieron porque en su contenido se encontró al menos una relación causal. En todos los casos, las relaciones causales se vincularon únicamente a transformaciones de tipo bioquímico. En la tabla 17 se muestran algunos ejemplos de enunciados extraídos de las explicaciones que se posicionaron en este nivel.

**Tabla 17**

*Ejemplos representativos de transcripciones de enunciados de ocho explicaciones finales del Grupo 1 situadas en el nivel incipiente en la categoría “Causas y efectos”*

<b>ETIQUETA</b>	<b>ENUNCIADOS</b>
<b>G1_09_CEDRIC_ DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “pasan por la boca y empiezan a deshacerse los carbohidratos y la grasa con la amilasa”</li> </ul>
<b>G1_12_IRFAN_ _DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “se sueltan los jugos gástricos y deshacen los carbohidratos y grasas”</li> </ul>
<b>G1_17_LENA_ DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “en el intestino grueso hay bacterias que van descomponiendo la gordita para que se haga excremento”.</li> </ul>
<b>G1_21_JAVIER_ DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “soltamos un líquido llamado amilasa que corta los carbohidratos”</li> <li>• “el estómago suelta el jugo gástrico que deshace el almidón y ahora se llama glucosa, mientras que las grasas se deshace una parte”</li> <li>• “el hígado suelta un líquido y se convierten en ácidos grasos [las grasas] y el jugo pancreático deshace el almidón que se convierte en glucosa”,</li> </ul>
<b>G1_25_ANITA_ DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “la amilasa va descomponiendo la gordita”</li> <li>• “el estómago sueltan jugos gástricos que deshacen la gordita”</li> <li>• “las bacterias descomponen la gorda para que se haga excremento”</li> </ul>
<b>G1_26_EVIAN_ DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “la amilasa hace que el alimento se haga más blando”</li> <li>• “unos jugos gástricos lo van cambiando, por ejemplo, la grasa se convierte en ácidos grasos”</li> </ul>
<b>G1_32_ARACELI_ DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “el estómago suelta jugos gástricos para que haga trozos [el alimento]”</li> </ul>
<b>G1_33_JARI_ DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “sé ayuda con el hígado para que deshaga los triglicéridos y se conviertan en ácidos grasos”</li> </ul>

Como se muestra en los enunciados de la tabla 17, en el contenido de las explicaciones no se encontraron registros de relaciones causales que estuvieran vinculadas con funciones mecánicas tales como: los movimientos de la estructura muscular de la boca, el estómago y los intestinos. Aunque, en el contenido de las explicaciones sí se mencionaron acciones mecánicas relacionadas principalmente con la boca y el estómago, pero, solo se señaló la acción y no el efecto de tal acción en el alimento, razón por la cual no pudieron registrarse como relaciones causales.

En casi todos los enunciados donde se expresaron relaciones causales, se introdujo a la amilasa y los jugos gástricos como agentes causales, solo se encontraron dos explicaciones cuya relación causal estuvo asociada con la bilis, una con el jugo pancreático y un par que aludieron a la función de las bacterias en el intestino grueso. Esto indica que, a pesar de que las explicaciones después de la implementación de la secuencia didáctica se fortalecieron significativamente en la categoría: “*Secreciones digestivas*”, no necesariamente el conocimiento sobre la presencia de los jugos digestivos incidió en que los estudiantes introdujeran un mayor número de relaciones causales donde estas se encuentran involucradas.

Es importante mencionar, que en el contenido de dichas explicaciones, la mayoría de las veces se encontró solo un enunciado cuyo contenido expresó una relación causal, fueron pocas las explicaciones que incluyeron dos o tres enunciados con esta característica y no se registró ninguna explicación donde se identifican cuatro o más enunciados. Esto indica que fue difícil para los estudiantes elaborar e introducir relaciones causales en sus explicaciones.

Ahora bien, si observamos con atención los enunciados que elaboraron algunos estudiantes, detectaremos errores terminológicos en su estructura. Por ejemplo, en el enunciado de la explicación G1\_09\_CEDRIC\_ DESPUÉS se indica que gracias a la amilasa las grasas y los carbohidratos empiezan a descomponerse, cuando en realidad, la amilasa solamente afecta la hidrólisis de los carbohidratos. En el enunciado de la explicación G1\_26\_EVIAN\_ DESPUÉS se menciona que la amilasa ablanda el alimento, pero, esto no sucede así. La saliva contribuye al ablandamiento del alimento, entre otras funciones y la amilasa, que es uno de sus componentes, participa en la

hidrólisis de los carbohidratos complejos, como el almidón. En el enunciado de la explicación G1\_32\_ARACELI\_ DESPUÉS se enuncia que el estómago libera jugos gástricos para hacer trozos al alimento y en realidad, la función de los jugos gástricos está asociada al proceso de digestión química de los alimentos, no se trata de “hacer trozos”, sino de hidrolizar las grasas y carbohidratos presentes en el alimento para que estos puedan absorberse por las vellosidades del intestino delgado. Se sugiere que los errores que se encontraron en las explicaciones fueron producto de que los estudiantes intentaron sintetizar sus ideas, pero, al hacerlo, utilizaron términos poco adecuados, lo que causó la presentación de una explicación confusa y poco precisa.

En contraste, el 29% de las explicaciones que avanzaron a un nivel parcial se distinguieron porque se encontró en el contenido relaciones causales vinculadas a transformaciones físicas y bioquímicas. En la tabla 18 aparecen ejemplos de enunciados extraídos de las explicaciones situadas en este nivel.

### Tabla 18

*Ejemplos representativos de transcripciones de enunciados extraídos de seis explicaciones finales del Grupo 1 situadas en el nivel parcial en la categoría “Causas y efectos”*

ETIQUETA	ENUNCIADOS
<p><b>G1_01_NINA_ DESPUÉS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Primero la gordita entra a la boca y con los dientes y con la saliva que tiene un ácido que se llama amilasa empiezan a deshacer los carbohidratos que se convierten en almidón y las grasas en triglicéridos”</li> <li>• “el estómago suelta unos jugos gástricos y el almidón se convierte en glucosa”</li> <li>• “el páncreas suelta un jugo pancreático y la glucosa se empieza a deshacer por completo y los ácidos grasos se empiezan a convertir en triglicéridos con ayuda de la bilis”</li> </ul>
<p><b>G1_02_EILEEN_ DESPUÉS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “la gordita entra por la boca y es triturada por los dientes y una sustancia llamada amilasa que es como un ácido que ayuda a desintegrar la comida”</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “con los jugos gástricos se deshacen los triglicéridos”</li> </ul>
<b>G1_03_DELILAH_</b> <b>DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “se sueltan los jugos gástricos y se ablanda mucho más el alimento”</li> <li>• “suelta el jugo pancreático y la bilis deshace mucho más los carbohidratos y las grasas”</li> <li>• “el intestino grueso exprime la última porción de agua que le queda”</li> </ul>
<b>G1_11_JORGE_</b> <b>DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “la boca machaca y la amilasa separa los nutrientes”</li> <li>• “el estómago suelta los jugos gástricos y parte las glucosas”</li> <li>• “la bilis parte las grasas y se convierten en triglicéridos”</li> </ul>
<b>G1_13_JOSS_</b> <b>DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “la boca empieza a triturar y con ayuda de la amilasa se descompone un poco más”</li> <li>• “se sueltan jugos gástricos que ayudan a descomponer el almidón y los triglicéridos”</li> <li>• “la bilis deshace los triglicéridos y se convierten en ácidos grasos”</li> </ul>
<b>G1_29_URIAN_</b> <b>DESPUÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “cuando entra la gordita a la boca la empieza a machacar con los dientes y con la saliva empiezan a sacar el almidón de la gordita y los triglicéridos”</li> <li>• “el estómago libera jugos gástricos que el almidón se convierta en glucosa y los triglicéridos son tan resistentes que solo se logra convertir en ácidos grasos”</li> <li>• “el hígado libera un ácido llamado bilis que deshace los triglicéridos y los convierte en ácidos grasos”</li> <li>• “el páncreas se encarga del almidón que lo convierte en glucosa”.</li> <li>• “en el intestino grueso las bacterias absorben toda el agua y se convierte en excremento”</li> </ul>

Como se observa en la tabla 18, los enunciados de las explicaciones que se vincularon a relaciones causales se asociaron principalmente a funciones bioquímicas y en menor medida a funciones mecánicas. Además, aquellos enunciados con

contenido causal casi siempre estuvieron relacionados con la masticación del alimento. Se encontró solo una explicación que se asoció con la acción mecánica del intestino grueso en el quimo. Los estudiantes tuvieron dificultades para expresar las causas y efectos de las contracciones musculares del estómago, los movimientos peristálticos del intestino delgado y los movimientos propulsivos del intestino grueso. Esto indicó que después de la secuencia didáctica, los estudiantes avanzaron en la integración de relaciones causales vinculadas a las secreciones digestivas, pero, en las que involucran órganos y tejidos, siguieron mencionando solo aquellas que son evidentes y con las que se encuentran familiarizados.

A diferencia de las explicaciones finales que se situaron en el nivel incipiente, estas se caracterizaron por incluir con mayor frecuencia relaciones causales ligadas al efecto de la bilis y también se detectaron algunos enunciados que mencionaban el efecto del jugo pancreático en la hidrólisis de carbohidratos y grasas. Sumado a ello, se detectó por lo regular al menos tres enunciados que expresaban relaciones causales. Sin embargo, al igual que los enunciados de las explicaciones que se situaron en un nivel incipiente, estos también presentaron algunas impresiones. Para profundizar en estas utilizaremos la explicación: G1\_01\_NINA\_ DESPUÉS que aparece en la tabla 18.

En el primer enunciado se menciona que la saliva contiene un ácido llamado amilasa que empieza a deshacer los carbohidratos y grasas para convertirlos en amilasa y triglicéridos, respectivamente. En el contenido se detectan varios errores, por ejemplo: la amilasa no es un ácido sino una enzima, el carbohidrato no se deshace en almidón, el almidón es un tipo de carbohidrato complejo y, la amilasa en efecto contribuye en la hidrólisis de los carbohidratos complejos, pero, para convertirlos en glucosa.

El segundo enunciado de esta explicación indica que el almidón se convierte en glucosa por la interacción con los jugos gástricos que libera el estómago y no es así, en realidad es la amilasa salival y la pancreática, en estómago e intestino delgado, respectivamente, las que participan en la hidrólisis y convierten el almidón en glucosa.

El tercer enunciado señala que la glucosa se empieza a deshacer por completo debido a la acción del jugo pancreático, pero, no se deshace por completo, sino que la glucosa es el producto final de la hidrólisis de carbohidratos complejos como el almidón; referir que se empieza a deshacer por completo, indica que no existe una molécula que absorban las vellosidades del intestino delgado. En este mismo enunciado se menciona que, los ácidos grasos se convierten en triglicéridos gracias a la bilis, pero, lo correcto sería que los triglicéridos son hidrolizados a ácidos grasos y glicerol por el contenido de las secreciones gástricos, los jugos pancreáticos y la bilis.

Si observamos cuidadosamente los enunciados del resto de explicaciones de la tabla 18 podemos detectar que estos errores se repiten frecuentemente en el contenido de los enunciados que expresan relaciones causales y se agregan otros. Por ejemplo, en el tercer enunciado de la explicación G1\_03\_DELILAH\_ DESPUÉS se indica que el intestino grueso exprime la última porción de agua del contenido que ha llegado a este órgano. Sin embargo, el intestino grueso no exprime como tal el agua, sino que la absorbe para formar heces más sólidas. El uso de este lenguaje puede estar relacionado con las actividades prácticas que los estudiantes realizaron en la simulación de la digestión, ya que para representar la absorción del agua, los niños exprimieron el contenido (representación del quimo) de la media (representación del intestino grueso).

Otro error común en las explicaciones finales situadas en este nivel para esta categoría fue el que presenta en el primer enunciado de la explicación G1\_29\_URIAN\_ DESPUÉS donde se enuncia que los dientes machacan el alimento cuando el término preciso es masticar. En esta explicación también se indicó: “la saliva saca el almidón y los triglicéridos de la gordita”, cuando en realidad es la amilasa presente en la saliva la que participa en la degradación bioquímica de los nutrientes y el término “sacar” es poco propio para señalar el proceso de hidrólisis. Además, la hidrólisis de grasas para convertirse en triglicéridos es un proceso que inicia en la boca y concluye en el intestino delgado, no se obtienen triglicéridos únicamente por la acción de la saliva, como se menciona en el enunciado.

Los errores que se identificaron en las explicaciones en ambos niveles para la categoría de “Causas y efectos” están relacionados con el uso inadecuado de términos

y léxico científico, debido a la complejidad del lenguaje para incorporar la hidrólisis de nutrientes en la explicación de la digestión de alimentos. Consideramos que era poco viable adentrarse a un nivel de especificidad más complejo sobre los procesos y los conceptos implicados en la hidrólisis de nutrientes para ofrecer al estudiante la posibilidad de utilizar un lenguaje más apropiado, ya que esto demanda un dominio del contenido disciplinar considerablemente avanzado para la edad de los estudiantes. Sin embargo, fue necesario que los estudiantes se aproximaran a reconocer las causas subyacentes como la hidrólisis de grasas y carbohidratos para obtener una visión más completa y estructurada respecto a cómo sucede la digestión de alimentos.

A pesar de las dificultades e imprecisiones, se identificaron avances en términos de explicitación de relaciones causales, los cuales se atribuyen a la elaboración de modelos analógicos para simular el proceso de hidrólisis de carbohidratos y grasas que se hizo con los estudiantes en el marco de la secuencia didáctica, se piensa que esta actividad permitió que los estudiantes observaran y plantearan sus inquietudes respecto a cómo se modifican químicamente los nutrientes presentes en los alimentos para su posterior absorción y distribución.

#### **4.4 Avances en las características de las explicaciones del Grupo 1**

Para determinar si la secuencia didáctica implementada en el Grupo 1 influyó en los avances registrados en la estructura y complejidad de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos, se aplicó la prueba de rangos de signos Wilcoxon, cuyos resultados se muestran en la tabla 19.

**Tabla 19**

*Evaluación del avance de las explicaciones del Grupo 1 en las cinco categorías*

CRITERIO	CATEGORÍA	TIPO DE RANGO	N	PROMEDIO DE RANGO	Z	P
Precisión	Órganos y tejidos	Rangos negativos	0	0.00	-4.730	0.000002
		Rangos positivos	2 7	14.00		
		Sin diferencias	1			
	Secreciones digestivas	Rangos negativos	0	0.00	-4.628	0.000004
		Rangos positivos	2 7	14.00		
		Sin diferencias	1			
	Relación de sistemas	Rangos negativos	0	0.00	-4.399	0.000011
		Rangos positivos	2 4	12.50		
		Sin diferencias	4			
Organización	Etapas de la digestión	Rangos negativos	0	0.00	-4.597	0.000004
		Rangos positivos	2 6	13.50		
		Sin diferencias	2			
Compleción	Causas y efectos	Rangos negativos	0	0.00	-4.158	0.000032
		Rangos positivos	2 1	11.00		
		Sin diferencias	7			

De acuerdo con la prueba de rangos de signos de Wilcoxon, el nivel obtenido después de la secuencia didáctica en cada categoría fue mayor y estadísticamente significativo, en comparación con el nivel alcanzado antes de la secuencia didáctica. En la tabla 19 se observa que el número de rangos positivos es dominante y el valor de

significancia estadística es  $< 0.05$  en todas las categorías. Al analizar cada una de las categorías se observa que aquellas relacionadas con el criterio de precisión como: “Órganos y tejidos” el 64% de las explicaciones avanzó de un nivel incipiente a un nivel global, en el caso de “Secreciones digestivas” el 100% inició en un nivel ausente y de éste, el 43% avanzó al nivel parcial y el 39% al nivel global y para la “Relación de sistemas” el 42% de las explicaciones avanzó del nivel ausente al parcial. En cuanto a la categoría “Etapas de la digestión” que se vinculó con el criterio de organización el 97% de las explicaciones se ubicó en un nivel incipiente y el 46% avanzó al nivel parcial y un 42% al nivel global. Finalmente, en la categoría “Causas y efectos” que se relacionó con el criterio de compleción, el 100% de las explicaciones se ubicó inicialmente en un nivel ausente y el 46% avanzó hacia el nivel incipiente.

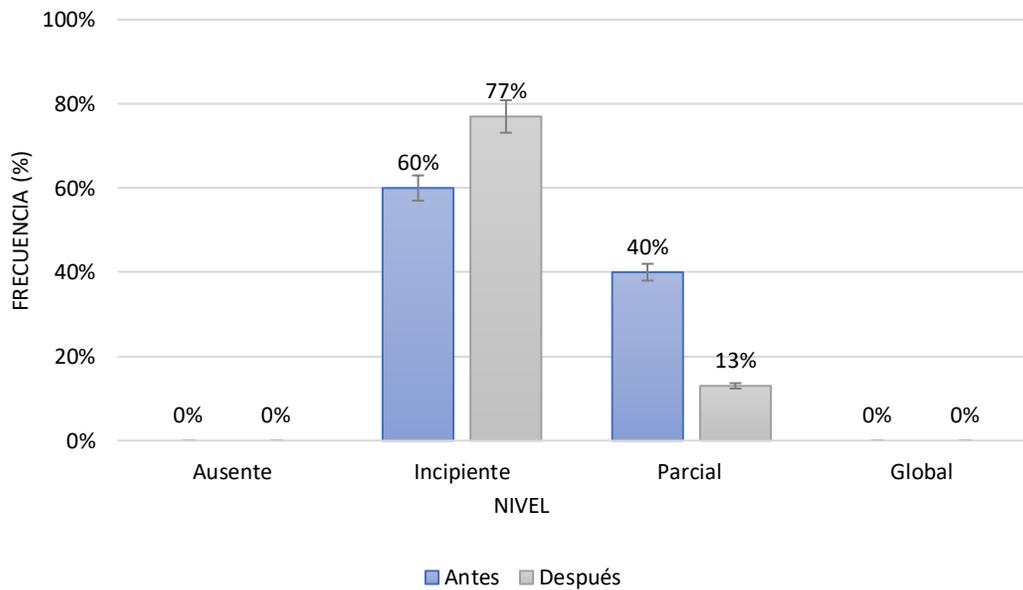
Con base en los resultados, se señala que la secuencia didáctica diseñada *exprofeso* para favorecer el desarrollo de la habilidad de explicar promovió un avance significativo hacia los niveles parcial y global en el desarrollo de las explicaciones, principalmente en precisión y organización. En cuanto a la compleción, solo se logró avanzar hacia el nivel incipiente. Por tanto, se sugiere que en la elaboración de secuencias didácticas se debe poner mayor énfasis en la propuesta de actividades que contribuya a que los estudiantes comprendan las relaciones causa-efecto para que introduzcan relaciones causales en la elaboración de sus explicaciones.

#### **4.5 Precisión de las explicaciones del Grupo 2**

En el criterio de *precisión*, con respecto a la categoría “Órganos y tejidos” en el Grupo 2 se obtuvieron los resultados que aparecen en el gráfico 6.

### Gráfico 6

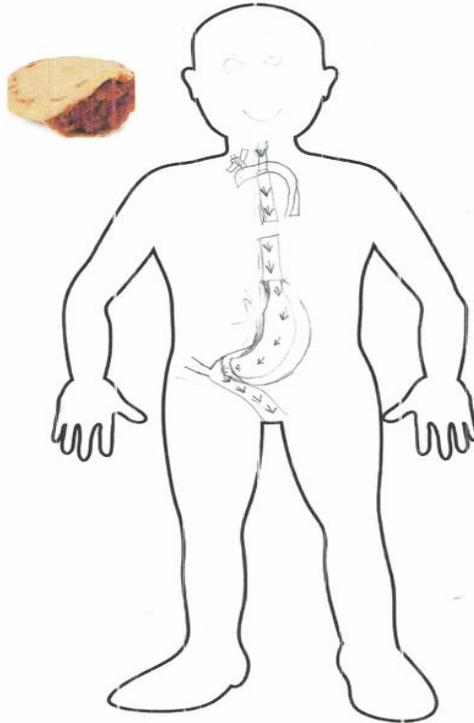
*Frecuencia de los niveles en la categoría “Órganos y tejidos” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 2*



*Antes de la secuencia didáctica*, como se muestra en el gráfico 6, el 60% de las explicaciones se ubicó en el nivel incipiente y se distinguieron por representar y/o nombrar hasta 4 órganos y/o tejidos del sistema digestivo, siendo los más frecuentes: boca, esófago, estómago y ano. En la figura 16 aparece un ejemplo de una de estas explicaciones.

**Figura 16**

*Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 2 ubicada en el nivel incipiente en la categoría “Órganos y tejidos”*



1. Primero lo masticamos y después pasa por el tubo que se llama  
 y Faringo y después se va al estomago después se va a en el  
 la sangre y la comida se ase al el Ano ASI cuidamos  
 nuestra salud y nuestra Alimentación y debemos tomar  
 Agua para el ano que se va al ano y después al

ETIQUETA

G2\_32\_DURINDA\_ANTES

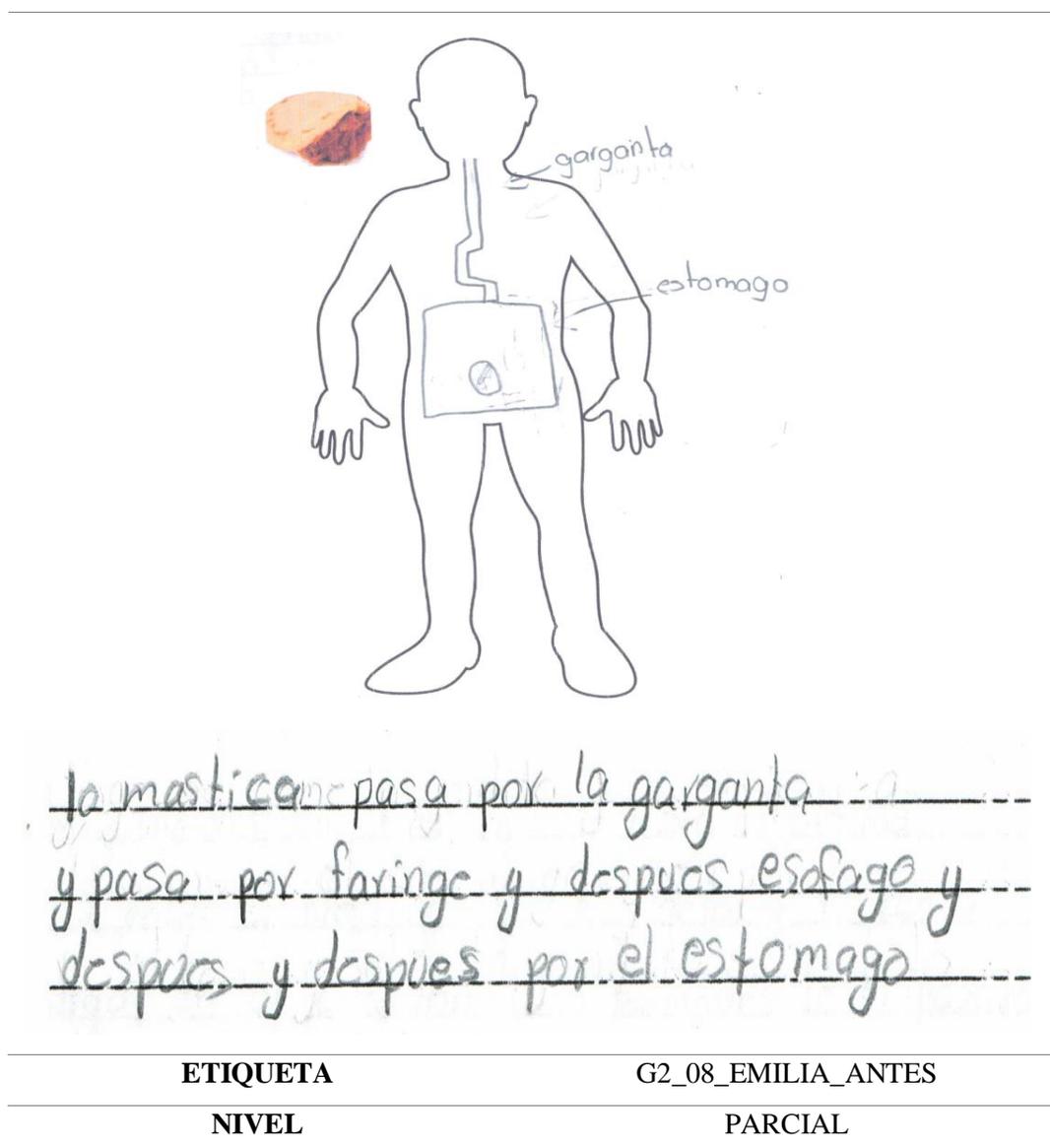
NIVEL

INCIPIENTE

Como se observa en la explicación G2\_32\_DURINDA\_ANTES, el dibujo muestra una estructura simplificada del sistema digestivo, representándolo como un tubo inconexo que incluyó pocos órganos y tejidos, el cual inició en la boca y concluyó en el ano. Sin embargo, en las explicaciones situadas en este nivel también se detectaron dibujos donde el sistema digestivo inició en la boca y terminó en el estómago, tal y como se observa en la explicación de la figura 17.

### Figura 17

*Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 2 cuyo dibujo del sistema digestivo concluyó en el estómago*

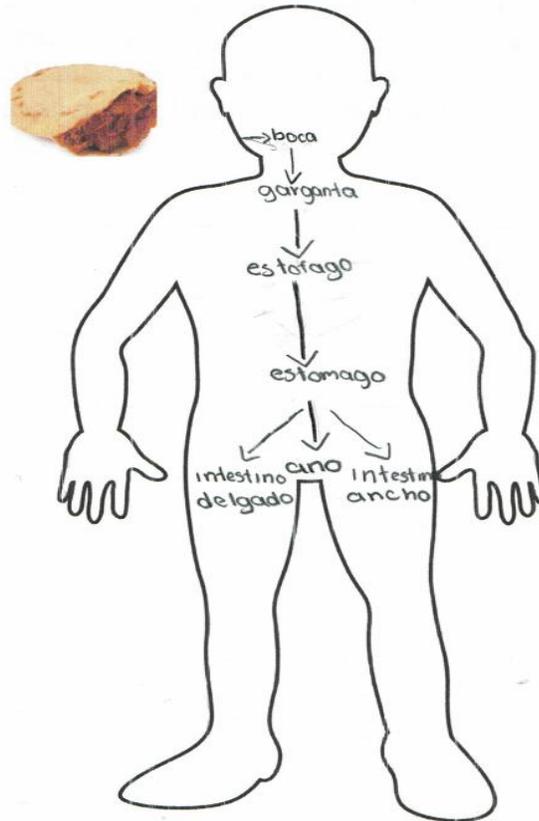


Como se observa en el dibujo de la explicación G2\_08\_EMILIA\_ANTES la representación del sistema digestivo es acotada y en el texto no se incluyó a otros órganos y tejidos. Esto muestra que los estudiantes efectivamente tenían una visión limitada que los llevó a dibujar versiones simplificadas donde incluyeron a órganos que para ellos fueron fáciles de reconocer y que están asociados con experiencias empíricas y con la comprensión intuitiva sobre dicho sistema que lleva al estudiante a considerar al estómago como uno de los órganos más prominentes y distintivos del sistema digestivo. Además, estos dibujos estuvieron íntimamente relacionados con modelos explicativos de la digestión de alimentos, donde se omitió la salida de desechos y que estableció que la “digestión” se daba únicamente en el estómago.

Por el contrario, el 40% de explicaciones iniciales se catalogó en el nivel parcial debido a que se nombró y/o representó comúnmente seis órganos: boca, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso y ano. En la figura 18 se muestra un ejemplo situado en este nivel.

**Figura 18**

*Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 2 ubicada en el nivel parcial en la categoría “Órganos y tejidos”*



Primero la comida llega a la boca luego se mastica y pasa por la garganta y despues pasa al estofago luego al estomago y luego se desechan y pasan al ano

ETIQUETA

G2\_06\_ISAMAR\_ANTES

NIVEL

PARCIAL

Como se muestra en el dibujo de la explicación G2\_06\_ISAMAR\_ANTES, aunque en estas explicaciones se incluye una mayor cantidad de órganos y tejidos, la

estructura del sistema digestivo continua siendo simple. En el caso de la explicación citada el estudiante omitió los dibujos y optó por escribir el nombre de los órganos y tejidos y utilizar flechas para señalar su ubicación, esto se repitió de forma frecuente en las explicaciones iniciales del Grupo 2. En estas explicaciones se detectó el uso de lenguaje poco preciso para señalar a la faringe y al intestino grueso, los estudiantes utilizaron las palabras “garganta” e “intestino ancho”, respectivamente.

Es conveniente resaltar, que las explicaciones de ambos niveles compartieron algunas características, por ejemplo, la mayoría de los dibujos de los órganos y tejidos fueron similares a los que se encuentran en láminas y libros de texto. Sin embargo, si se detectaron algunos dibujos que representaron una forma alejada de los dibujos convencionales, como representaciones del estómago en forma de intestino.

Otra característica común fue que en el contenido de las explicaciones de ambos niveles se nombró y/o representó a la boca, el estómago y el ano. Esto puede estar relacionado con el pensamiento intuitivo, la experiencia y los conocimientos previos que tienen los estudiantes sobre el sistema digestivo. Saben que ingieren el alimento a través de la boca, sienten hambre y saciedad en el estómago y reconocen el ano como el órgano que participa en la eliminación de desechos y además, han estudiado en grados anteriores la estructura y funcionamiento del sistema digestivo.

La diferencia entre un nivel y otro radicó en que en las explicaciones situadas en el nivel incipiente se integró al intestino delgado con el intestino grueso. En contraste con el Grupo 1, en este grupo los estudiantes que elaboraron explicaciones que se situaron en el nivel parcial, por lo regular diferenciaban entre el intestino delgado y el grueso, característica que en el Grupo 1 no se presentó.

*Después de la secuencia didáctica*, se mostró poca evolución en la precisión para nombrar y/o representar órganos y tejidos involucrados en la digestión de alimentos, el 75% de las explicaciones que se ubicaron en el nivel incipiente y el 13% de las explicaciones que se ubicaron en el nivel parcial manifestaron características similares a las explicaciones iniciales que se ubicaron en estos mismos niveles. La estructura del sistema digestivo incluyó a los mismos órganos y permanecieron algunas representaciones que iniciaron en la boca y concluyeron en el estómago.

Además, se continuó utilizando un lenguaje poco preciso para nombrar a la faringe y el intestino grueso, incluso se detectaron casos donde se utilizó la palabra “tripas” o “panza” para referirse al estómago.

Es importante señalar que antes de la secuencia didáctica hubo un porcentaje más alto de producciones ubicadas en el nivel parcial, en contraste con el porcentaje que se situó en este mismo nivel después de la secuencia didáctica. Esto se debió a que algunos estudiantes omitieron la elaboración de dibujos en sus explicaciones finales y en el texto no incluyeron a órganos como la faringe o el ano. En la figura 19 se muestran ejemplos de estos casos.

### Figura 19

*Ejemplos representativos de dos explicaciones finales de estudiantes del Grupo 2 donde se omitió la representación gráfica del sistema digestivo y se optó por elaborar texto*



primero Jorge mastica la  
 gordita despues se diguiere  
 y cae al csto mago y por  
 ultimo se desecha

ETIQUETA: G2\_13\_JEREMY\_DESPUÉS

NIVEL: INCIPIENTE



la mastica y luego se va a la gargarita  
 y se va al estomago pasa por donde le  
 quita la grasa y se va a el estomago  
 y se va al ano

ETIQUETA: G2\_26\_ALE\_DESPUÉS

NIVEL: INCIPIENTE

Como se observa en los dibujos de las explicaciones G2\_13\_JEREMY\_DESPUÉS y G2\_26\_ALE\_DESPUÉS los estudiantes redujeron la cantidad de órganos y tejidos involucrados en la digestión de alimentos al emplear únicamente el texto en las explicaciones. Anteriormente, en las explicaciones iniciales, estos mismos estudiantes habían incluido más órganos y tejidos del sistema digestivo, esto podría indicar que los dibujos en la explicación brindan la posibilidad de expresar con mayor facilidad representaciones más elaboradas del sistema digestivo.

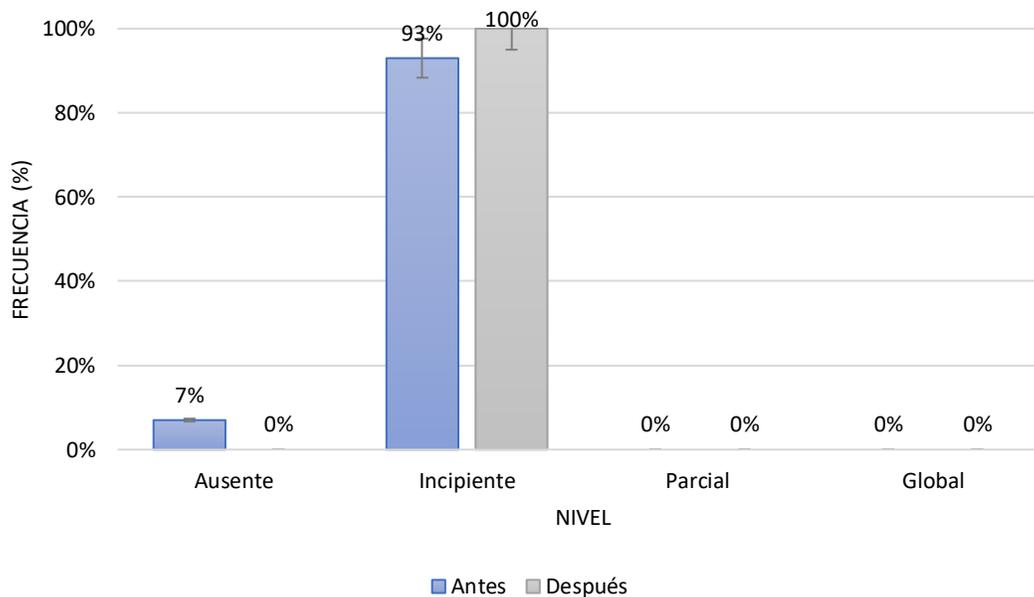
Es importante señalar que en las explicaciones finales no se detectaron explicaciones que incluyeran a órganos como el páncreas y tejidos como las vellosidades y, en pocos casos, se nombró y/o representó al hígado. Esto denota que no hubo avances notables para nombrar y/o representar a una gama amplia de órganos y tejidos que participan en la digestión de alimentos.

Se infiere que los resultados se encuentran relacionados con que, el uso de un video, el registro de notas y los dibujos sobre el sistema digestivo que se incluyeron en la secuencia didáctica, fueron insuficientes para que el estudiante desarrollara modelos más complejos sobre la estructura del sistema digestivo. En este tipo de actividades el estudiante tuvo pocas oportunidades de asumir un papel activo que le demandara la movilidad de habilidades cognitivas de alta complejidad. El desarrollo de representaciones más estructuradas sobre el sistema digestivo, demanda que los estudiantes se enfrenten a desafíos cognitivos. Además, el uso de video y el registro de notas ofrecen, a menudo, información superficial o memorística, la cual es poco útil para desarrollar habilidades cognitivo-lingüísticas como la explicación.

Ahora bien, en el criterio de *precisión*, con respecto a la categoría “*Secreciones digestivas*” en el Grupo 2 se obtuvieron los resultados que aparecen en el gráfico 7.

### Gráfico 7

*Frecuencia de los niveles en la categoría “Secreciones digestivas” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 2*

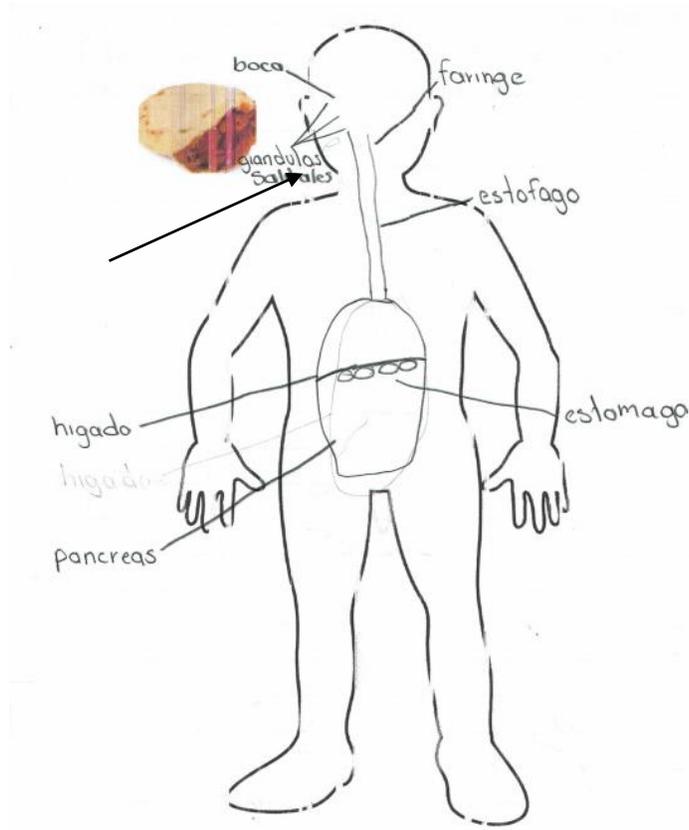


*Antes de la implementación de la secuencia didáctica, como se muestra en el gráfico 7, el 100% de las explicaciones se situó en un nivel ausente, es decir, no se encontraron en el contenido palabras o dibujos que señalaran la presencia de las secreciones digestivas.*

*Después de la secuencia didáctica, el 97% de las explicaciones continuó ubicándose en un nivel ausente y el 7% avanzó a un nivel incipiente, caracterizándose por incluir a la saliva en la digestión de alimentos. En estos casos no se mencionó explícitamente a la saliva, sino que en dibujos se señaló a las “glándulas salivales” y se infirió que los estudiantes que introdujeron este término reconocían la presencia de la saliva como secreción digestiva. En la figura 20 aparece un ejemplo de dicha explicación.*

**Figura 20**

*Ejemplo representativo de una explicación final de un estudiante del Grupo 2 situada en el nivel incipiente en la categoría “Secreciones digestivas”*



Lo se mastica pasa por la  
garganta y pasa por faringe y  
despues estofago y despues por el  
estomago y ya

**ETIQUETA**

G2\_10\_BRIGITE\_DESPUÉS

**NIVEL**

INCIPIENTE

Como se muestra en la explicación G2\_10\_BRIGITE\_DESPUÉS el estudiante señala y etiqueta a las “glándulas salivales” en la silueta humana, pero, no las

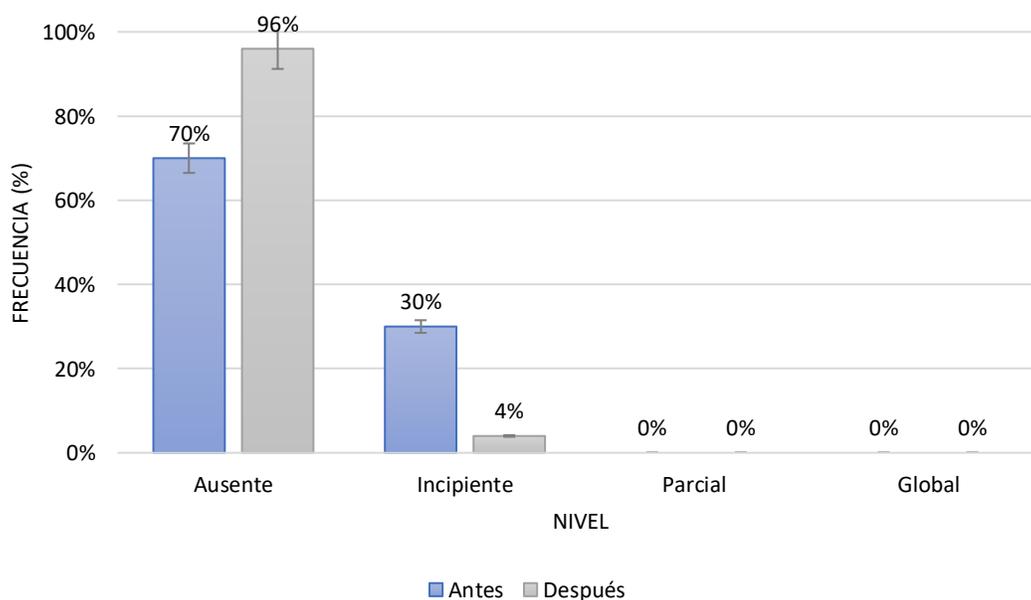
menciona en el contenido del texto para explicar la digestión de alimentos y tampoco las asocia con alguna acción o efecto en el alimento.

Se infiere que el poco avance que hubo en las explicaciones finales en esta categoría estuvo relacionado con que en la secuencia didáctica hizo falta hacer más énfasis sobre la presencia de las secreciones digestivas y su relación con la digestión de alimentos. Generalmente, en la enseñanza regular se otorga mayor visibilidad a la estructura y funcionamiento de los órganos y tejidos. En este caso, el uso del video y la exposición acerca de las transformaciones físicas y bioquímicas que ocurren en el tracto digestivo no fue suficiente para que los estudiantes se apropiaran de dicho conocimiento.

Posteriormente, en la *precisión* con respecto a la categoría “*Relación de sistemas*” en el Grupo 2 se obtuvieron los resultados que aparecen en el gráfico 8.

### Gráfico 8

*Frecuencia de los niveles en la categoría “Relación de sistemas” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 2*

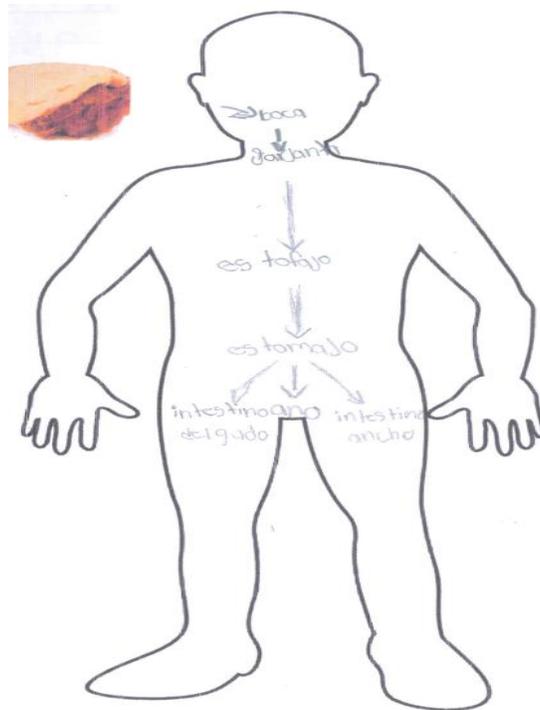


*Antes de la secuencia didáctica*, como se muestra en el gráfico 8, el 70% de las explicaciones se ubicó en el nivel ausente, estas se distinguieron porque no se encontraron elementos en el dibujo o en el texto donde el estudiante estableciera una

relación entre el sistema circulatorio y el sistema digestivo. En la figura 21 se muestra un ejemplo de una explicación ubicada en este nivel.

### Figura 21

*Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 2 situada en el nivel ausente en la categoría: "Relación de sistemas"*



Primero la comida llega a la boca y luego se mastica y pasa por la garganta y luego pasa al esófago luego al estómago y luego se desecha y pasa al ano

**ETIQUETA**

G2\_16\_NANCY\_ANTES

**NIVEL**

INCIPIENTE

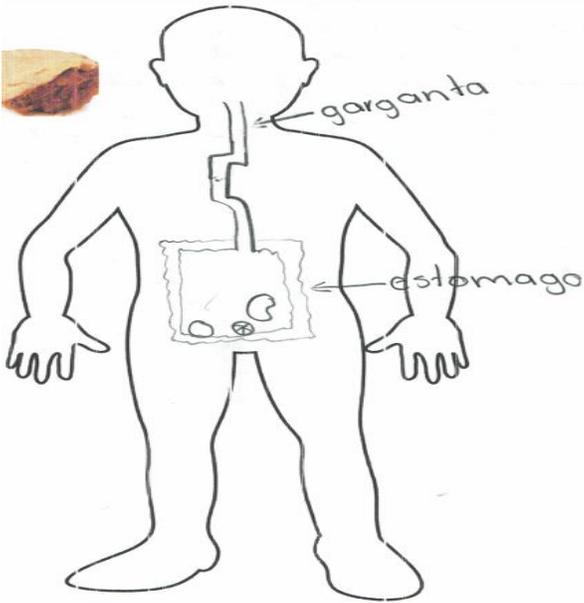
Como se muestra en la explicación G2\_16\_NANCY\_ANTES, el estudiante solo utiliza órganos y tejidos del sistema digestivo para explicar la digestión de alimentos y no considera la relación entre sistemas para profundizar sobre etapas como la absorción y distribución de nutrientes.

En contraste, el 30% de las explicaciones se situó en el nivel incipiente y se caracterizaron por representar y/o nombrar a un órgano o tejido relevante que estableció la relación entre ambos sistemas. En la figura 22 se coloca un ejemplo de una explicación ubicada en este nivel.

### Figura 22

*Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 2 situada en el nivel incipiente en la categoría “Relación de sistemas”*

---



Lo primero pasa por la boca lo mastica  
 y pasa por la garganta, despues  
 baja hacia el estomago se dirige a  
 todo el cuerpo el que sirve se diri-  
 ge hacia la sangre y lo que no  
 se va hacia el intestino grueso.

---

ETIQUETA	G2_19_ZURYA_ANTES
NIVEL	INCIPIENTE

---

Como se observa en la explicación G2\_19\_ZURYA\_ANTES en el contenido del texto aparece la frase: “el que sirve se dirige hacia la sangre”, este enunciado plantea una visión simplista y parcial de un proceso que es más complejo, pero, se asocia con que el estudiante reconoce de forma incipiente un vínculo entre el sistema digestivo y el sistema circulatorio.

Es importante destacar que en contraste con el Grupo 1, en las explicaciones del Grupo 2 se encontró un mayor número de explicaciones donde se estableció la conexión entre ambos sistemas. Sin embargo, esta relación solamente se encontró en el texto, no hubo registro de dibujos que expresaran dicha relación.

*Después de la secuencia didáctica*, el 96% de las explicaciones se ubicó en un nivel ausente y el 4% en un nivel incipiente. Se observó una disminución en la frecuencia de explicaciones iniciales que se situaban en un nivel incipiente y, en consecuencia, aumentó la frecuencia de explicaciones ubicadas en un nivel ausente. En la figura 23 se muestra el ejemplo de la explicación que se mantuvo en el nivel incipiente.

**Figura 23**

*Ejemplo representativo de una explicación final de un estudiante del Grupo 2 situada en el nivel incipiente en la categoría “Relación de sistemas”*



primero corre por su boca luego por su garganta  
 para por su sistema digestivo y desecha los  
 desechos para irse por el ano y las vita-  
 minas se van por la sangre

**ETIQUETA**

G2\_05\_NOEMI\_DESPUÉS

**NIVEL**

INCIPIENTE

Como se observa en la explicación G2\_05\_NOEMI\_DESPUÉS, en el contenido del texto aparece la frase “las vitaminas se van por la sangre”, lo que indica que el estudiante continuó concibiendo la relación entre el sistema digestivo y el

sistema circulatorio. Sin embargo, la expresión de relación entre sistemas siguió siendo simplificada y no se incluyeron órganos y tejidos involucrados como el corazón, las venas y/o arterias y un órgano receptor de nutrientes.

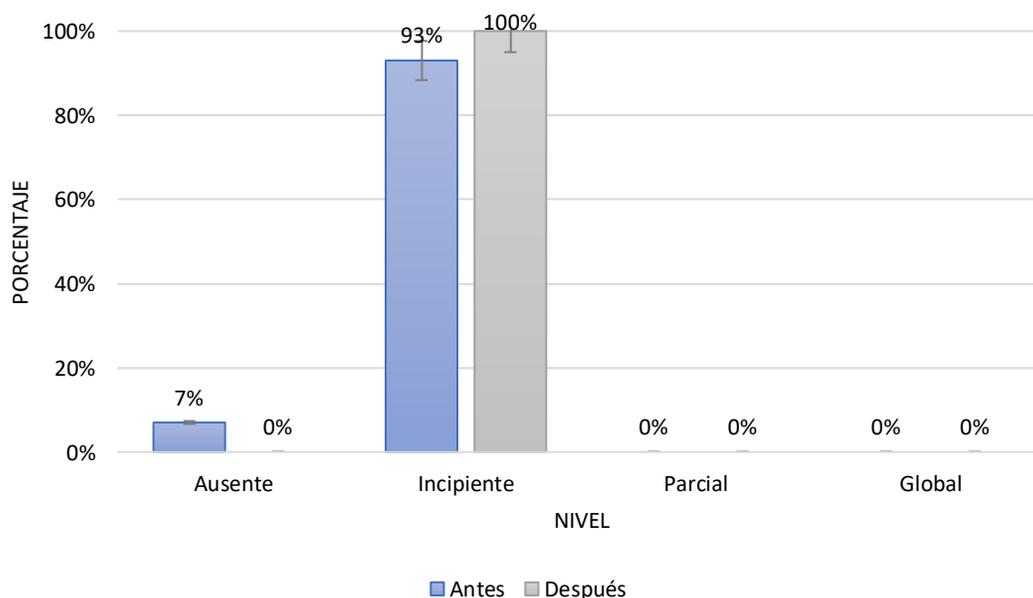
Los resultados encontrados en esta categoría se relacionaron con que en las actividades de la secuencia didáctica implementada en este grupo se hizo mayor énfasis en el funcionamiento del sistema digestivo y se omitió profundizar sobre cómo el sistema digestivo y el sistema circulatorio interactúan entre sí para lograr la absorción y transporte de nutrientes a tejidos y órganos del cuerpo humano.

#### 4.6 Organización de las explicaciones del Grupo 2

Por otro lado, en el criterio de *organización*, con respecto a la categoría “*Etapas de la digestión*” en el Grupo 2 se obtuvieron los resultados que aparecen en el gráfico 9.

##### Gráfico 9

*Frecuencia de los niveles en la categoría “Etapas de la digestión” antes y después de la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 2*

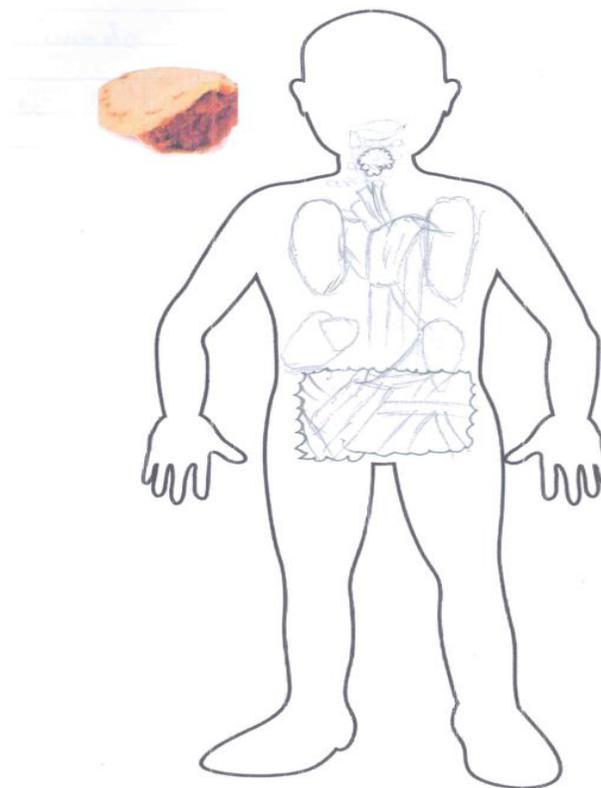


Antes de la secuencia didáctica, como se muestra en el gráfico 9, el 7% de las explicaciones se ubicó en el nivel ausente y se caracterizaron por la ausencia de enunciados sobre las etapas de la digestión de alimentos. El porcentaje representa a dos explicaciones, una de las cuales aparece en la figura 24.

### Figura 24

*Ejemplo representativo de una explicación inicial de un estudiante del Grupo 2 situada en el nivel ausente en la categoría “Etapas de la digestión”*

#### DIBUJO



#### TRANSCRIPCIÓN DE LA EXPLICACIÓN

Cuando Jorge se comía la gordita se le atora un cachito de gorda y merito se muere, pero, como había más gente y lo salvaron y luego a Jorge con el susto y se le atoró porque Jorge no tomo agua y luego ya no se comió la gordita y luego en la noche ya le dio hambre y se comió la gordita, pero, con agua y refresco y así aprendió a tomar agua cuando come

#### ETIQUETA

G2\_28\_CRISTIAN\_ANTES

#### NIVEL

AUSENTE

Como se observa en el texto y dibujo de la explicación G2\_28\_CRISTIAN\_ANTES no aparecen elementos que puedan relacionarse con la categoría: “Etapas de la digestión”. Por el contrario, el estudiante responde a la pregunta ¿Qué le pasa a la gordita dentro del cuerpo de Jorge? Con una narrativa que indica que a Jorge “se le atoro un cachito de gordita” porque no tomo agua y concluye que para evitar este tipo de situaciones es importante tomar líquidos. En la otra explicación ubicada en este nivel el estudiante desarrolló una narrativa similar.

Sin embargo, el 93% de las explicaciones iniciales en este grupo se ubicaron en un nivel incipiente y se distinguieron porque en el contenido se detectaron frases que referían sobre la entrada de alimentos y salida de desechos, dos etapas implicadas en la digestión. Para unir ambas etapas se coloca el desplazamiento de alimento, aunque no es precisamente una etapa de la digestión, sino que el desplazamiento de alimento es un movimiento que ocurre en dicho fenómeno. En la tabla 20 se colocan algunos ejemplos de estas explicaciones.

Tabla 20

*Ejemplos representativos de transcripciones del texto de cuatro explicaciones iniciales del Grupo 2 ubicadas en el nivel incipiente en la categoría “Etapas de la digestión”*

ETIQUETA	TRANSCRIPCIÓN DE EXPLICACIONES
G2_25_ELA _ANTES	“Después de masticar la comida, se pasa por la garganta y por el esófago, puede tardar de 6 a 8 horas y baja al estómago y ahí se va deshaciendo”.
G2_12_YOSS _ANTES	“De la boca se mastica, pasa por la garganta y después pasa por el esófago y después pasa por el estómago y después se divide en los nutrientes y en los desechos, los nutrientes son para nutrir, y los desechos se van por el ano”.
G2_03_KAR _ANTES	“Primero masticamos el alimento, cuando se acaba de masticar, se baja hacia la garganta, después pasa al estómago y se empiezan a formar los nutrientes, se expande a todas partes y el alimento se hace sangre, lo que no nos sirve se va al intestino grueso y cuando vamos al baño lo desechamos por el ano”.
G2_11_AMIRA_ ANTES	Jorge se comió una gordita, se la empezó a comer, se la mastica, y pasó por la garganta y pasa por el esófago y llega a la boca del estómago y pasa por los intestinos y se revuelve con la demás comida y después tomamos agua, después pasa un rato y vamos al baño.

Nota: Con color amarillo se resalta la *entrada de alimentos*, con color azul el *desplazamiento de alimento*, con color verde la *salida de alimentos* y con color rosa las *nociones simples de transformación o separación de sustancias*.

Como se observa en la tabla 20, aunque las explicaciones compartieron como base un modelo explicativo simple, entre ellas se presentaron algunas diferencias que conviene precisar. Por ejemplo, en explicaciones como: G2\_25\_ELA\_ANTES se omitió la salida de desechos, este tipo de explicaciones estuvieron estrechamente vinculadas a representaciones del sistema digestivo que registraron un nivel de incipiente en la categoría de “*Órganos y tejidos*” donde el sistema digestivo concluyó con el dibujo del estómago o los “*intestinos*”. También se presentaron explicaciones como: G2\_12\_YOSS\_ ANTES y G2\_03\_KAR\_ANTES donde se detectaron frases

como “se divide en dos partes, una es la que ocupa el cuerpo y la otra la desecha” y “lo que no nos sirve se va por el intestino grueso”. Este tipo de enunciados indicó que los estudiantes, aunque de forma incipiente, reconocían que la digestión involucra la separación de nutrientes y desechos, pero no utilizaron un léxico apropiado para expresarlo. Incluso hubo explicaciones como: G2\_03\_KAR\_ANTES con enunciados como: “el alimento se hace sangre” que es una frase errónea porque el alimento no se convierte en sangre, pero, se infiere que el alumno utilizó esa frase como un esfuerzo por explicar que hay sustancias presentes en el alimento que se distribuyen en el torrente sanguíneo.

Otro tipo de explicaciones que despertó el interés y aparecieron con frecuencia, fueron aquellas donde se utilizaron frases como: “después tomamos agua, después pasa un rato y vamos al baño”, un ejemplo de ellas es la explicación: G2\_11\_AMIRA\_ANTES. Los estudiantes introducían este tipo de frases antes de referir la etapa de salida de desechos. Esto llevó a pensar que, probablemente, los estudiantes consideraban esencial tomar líquidos para facilitar el desplazamiento de los desechos del intestino grueso hacia el ano. Lo anterior puede estar relacionado con frases de la vida cotidiana que utilizan los adultos para indicar al niño que una buena digestión depende en gran medida de la ingesta de líquidos.

Es importante señalar que se encontraron pocas explicaciones iniciales que señalaron el desplazamiento lineal del alimento de la boca al ano. Casi siempre se detectaron frases como: “masticamos el alimento” o “hace la digestión” que indicaron que los estudiantes, aunque de forma incipiente, tenían nociones sobre la transformación física del alimento. Esto es relevante porque de los órganos y tejidos mencionados para explicar la digestión de alimentos, la boca y el estómago fueron los únicos a los que se les atribuyó una función dinámica. Esto puede estar asociado con que los estudiantes reconocen por experiencia el movimiento de dichos órganos. Es decir, han experimentado el movimiento de la boca y percibido las contracciones del estómago.

*Después de la secuencia didáctica*, el 100% de las explicaciones se ubicó en un nivel incipiente, mostrando características similares a las explicaciones que se

ubicaron en este nivel antes de la implementación de la secuencia didáctica. En la tabla 21 se muestran algunos ejemplos de las explicaciones finales de los estudiantes del Grupo 2.

**Tabla 21**

*Ejemplos representativos de transcripciones del texto de cinco explicaciones finales de estudiantes del Grupo 2 ubicadas en el nivel incipiente en la categoría “Etapas de la digestión”*

ETIQUETA	TRANSCRIPCIÓN DE EXPLICACIONES
G2_04_GERARD _DESPUÉS	“Primero corre por su boca, luego por su garganta, pasa por su sistema digestivo y desecha los desechos para irse por el ano y las vitaminas se van por la sangre”.
G2_06_ISAMAR _DESPUÉS	“Se mastica, pasa por la garganta, pasa por la faringe y después el estómago y ya”.
G2_13_JEREMY _DESPUÉS	“Primero Jorge mastica la gordita, después se digiere y cae al estómago, y lo último se desecha”.
G2_22_ARMINDA_ DESPUÉS	“Primero mastica el bocado, después pasa por la garganta, luego por el estómago, el estómago digiere la comida, después si es un alimento bueno se queda y si es un alimento que no es bueno se va al intestino grueso y luego al ano”.
G2_32_DURINDA_ DESPUÉS	“Cuando Jorge se la come, primero mastica, se va a la garganta, después al estómago, tiene que tomar agua para que le haga digestión, y se va al ano, gracias al agua que nos hace digestión”.

Nota: Con color amarillo se resalta la *entrada de alimentos*, con color azul el *desplazamiento de alimento*, con color verde la *salida de alimentos* y con color rosa las *nociones simples de transformación o separación de sustancias*.

Como se observa en la tabla 21, se siguieron presentando explicaciones que integraron únicamente las etapas de entrada de alimento y salida de desechos y manifestaban ideas relacionadas con que una parte del alimento se quedaba en el organismo y otra parte se desechaba, tal es el caso de las explicaciones: G2\_04\_GERARD\_DESPUÉS y G2\_22\_ARMINDA\_DESPUÉS. Aunque en este tipo de explicaciones se mantuvo la noción sobre la transformación del alimento y la

separación de sustancias presente en la digestión, los estudiantes no lograron explicarlo utilizando un lenguaje preciso que les posibilitará profundizar sobre dichos procesos.

También se siguieron encontrando explicaciones que omitieron la salida de desechos como: G2\_06\_ISAMAR\_DESPUÉS y tal como sucedió en las explicaciones previas a la secuencia didáctica, éstas también se relacionaron con representaciones limitadas de la estructura del sistema digestivo que iniciaban en la boca y concluían en el estómago o los “intestinos”. Otra característica que también se mantuvo fue que, en la mayoría de las explicaciones, se siguió relacionando la boca con una función dinámica, pero en el caso del estómago, esto se presentó con menor frecuencia y se empezó a vincular con una función estática.

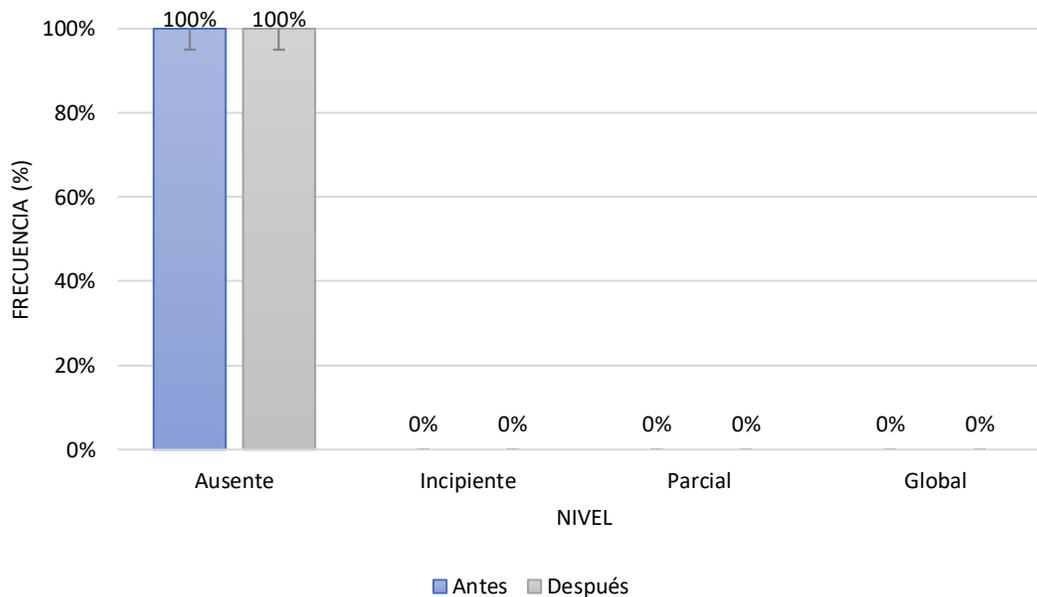
Se infiere que los resultados obtenidos tienen que ver con que en la secuencia didáctica no se acentuó en las causas subyacentes involucradas en la digestión de alimentos, como el efecto de los órganos, tejidos y secreciones en el alimento y el proceso de hidrólisis de nutrientes y, en cambio, se abordaron aspectos superficiales que limitaron la elaboración de explicaciones más complejas.

#### **4.7 Compleción de las explicaciones del Grupo 2**

Finalmente, en el criterio de *compleción*, con respecto a la categoría “*Causas y efectos*” en el Grupo 2 se obtuvieron los resultados que aparecen en el gráfico 10.

### Gráfico 10

*Frecuencia de los niveles en la categoría “Causas y efectos” antes y después de la implementación de la secuencia didáctica en el Grupo 2*



Como se observa en el gráfico 10 *antes y después de la secuencia didáctica*, el 100% de las explicaciones se ubicó en el nivel ausente. Es decir que, en ambos momentos carecieron de compleción porque en el contenido no se encontraron relaciones causales, sino que las explicaciones sobre la digestión refirieron un proceso basado únicamente en el desplazamiento de alimento, con breves nociones sobre transformaciones físicas donde se señaló el efecto o la causa, pero, no se estableció una relación causa-efecto.

En la tabla 22 se colocan algunas explicaciones de estudiantes del Grupo 2 antes y después de la secuencia didáctica, donde se muestra la ausencia de relaciones causales.

**Tabla 22**

*Ejemplos representativos de transcripciones de enunciados de nueve explicaciones del Grupo 2 situadas en el nivel ausente en la categoría “Causas y efectos”*

<b>MOMENTO</b>	<b>ETIQUETA</b>	<b>EXPLICACIONES</b>
<b>ANTES</b>	G2_08_EMILIA _ANTES	“Lo primero que pasa es por la boca, después lo mastica y luego pasa por la garganta, después viaja hacia el estómago, se dirige a la sangre lo que sirve y lo que no hacia el intestino grueso”.
	G2_29_JOSEFIN A _ANTES	“Lo primero pasa por la boca, lo mastica y pasa por la garganta, después baja hacia el estómago, se dirige a todo el cuerpo, el que sirve se dirige hacia la sangre y lo que no se va al intestino grueso”.
	G1_10_BRIGITE _ANTES	“Primero pasa por la boca, después pasa por la garganta, después se deshace en el estómago, después se pueden hacer actividades y esa comida pasa al ancho y al delgado”.
	G1_14_WANDA _ANTES	“Después de masticar la comida se tarda seis horas para digerirse en el estómago, después pasa al intestino delgado, luego al grueso para una mayor digestión y al final se eliminan los alimentos no digeridos”.
	G2_01_ANETTE _DESPUÉS	“Primero pasa por la boca y luego va al estómago, después lo que no ocupa el cuerpo lo desecha el ano”.
<b>DESPUÉS</b>	G2_09_EVELIN A _DESPUÉS	“Primero se compra su gordita, se pega una mordida, la mastica con los dientes, pasa por la lengua, por la garganta, llega a la boca del estómago y la revuelve nuestro estómago y luego toma agua y luego se va al baño”.
	G2_17_EDUAR DO _DESPUÉS	“Primero pasa por la boca, después pasa por unos tubos de la garganta y después pasa al estómago donde se deshace, luego el intestino delgado, luego el grueso y después por el ano”.

---

G1_26_ALE _DESPUÉS	“Lo mastica, luego se va a la garganta y se va al estómago y pasa por donde se le quita la grasa y se va al ano”.
G2_28_CRISTIA N _DESPUÉS	“Se mastica la gordita, después pasa y se baja por los intestinos y después se deshace la gordita. Después de comerla y que se vaya a la panza se deshace y se desecha la comida”.

---

Como se observa en las explicaciones del Grupo 2, algunas de las cuales fueron citadas en la tabla 22, no se observan avances contundentes en la categoría “Causas y efectos” En estas explicaciones fue común encontrar conjugaciones del verbo “pasar”, “bajar”, “llegar” cuyos significados se atribuyeron al movimiento del alimento a lo largo del sistema digestivo.

En las explicaciones de ambos momentos también se detectó de forma frecuente conjugaciones de los verbos “masticar” y “deshacer” que se utilizaron para señalar de forma implícita algunas transformaciones del alimento, vinculada a la acción mecánica de la boca y el estómago, respectivamente. Sin embargo, el uso de las conjugaciones de estos verbos no se asoció con una relación causal, porque solamente señalaban las acciones que ejecutaban los órganos o tejidos, pero, el efecto de la acción en el alimento estuvo siempre ausente.

El nulo avance que se observó en la compleción de las explicaciones del Grupo 2 podría estar relacionado con el poco énfasis que se hizo en el desarrollo de actividades que favorecieran la construcción de relaciones causales. Esto porque en el marco de la secuencia didáctica no se encontraron actividades o estrategias didácticas que contribuyeran a que el alumno identificará causas y efectos implicados en la digestión de alimentos.

#### 4.8 Avances en las características de las explicaciones del Grupo 2

Al igual que en el Grupo 1, en el Grupo 2 también se aplicó la prueba de rangos de signos Wilcoxon para señalar si la secuencia didáctica aplicada en el Grupo 2 influyó positivamente en la estructura y complejidad de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 23.

**Tabla 23**

*Evaluación del avance de las explicaciones del Grupo 2 en las cinco categorías*

CRITERIO	CATEGORÍA	TIPO DE RANGO	N	PROMEDIO DE RANGO	Z	P
Precisión	Órganos y tejidos	Rangos negativos	4	2.50	-2.000	0.46
		Rangos positivos	0	0.00		
		Sin diferencias	26			
	Secreciones digestivas	Rangos negativos	0	0.00	-1.414	.157
		Rangos positivos	2	1.50		
		Sin diferencias	28			
	Relación de sistemas	Rangos negativos	8	4.50	-2.828	.005
		Rangos positivos	0	0.00		
		Sin diferencias	22			
Organización	Etapas de la digestión	Rangos negativos	0	0.00	-1.414	.157
		Rangos positivos	2	1.50		
		Sin diferencias	28			
Compleción	Causas y efectos	Rangos negativos	0	0.00	.000	1.000
		Rangos positivos	0	0.00		
		Sin diferencias	30			

Con base en los resultados de la prueba de rango de signos de Wilcoxon, las explicaciones de los estudiantes del Grupo 2 no lograron incrementar su nivel en las 5 categorías después de la secuencia didáctica, en comparación con las explicaciones antes de la secuencia didáctica. En la tabla 23 se muestra que el valor de significancia estadística es  $< 0.05$  para todas las categorías, con excepción en la “Relación de sistemas” donde si existe una diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo, esta se asocia con los rangos negativos encontrados en la prueba, los cuales representan un retroceso del nivel incipiente a un nivel ausente en un 26% de las explicaciones. En el resto de las categorías no se detectaron diferencias, debido a que se registró el mismo nivel tanto en las explicaciones iniciales como en las finales.

Estos datos señalan que la secuencia didáctica enfocada en la enseñanza regular no promovió un avance significativo en el desarrollo de las explicaciones y, por el contrario, incidió en un retroceso para la categoría “Relación de sistemas”. Por tanto, se sugiere abordar el desarrollo de la habilidad explicativa desde una enseñanza diseñada *exprofeso* y enfatizar en el diseño de actividades que retomen la visión sistémica sobre el funcionamiento del cuerpo humano para favorecer que los estudiantes establezcan relaciones entre los sistemas del cuerpo humano.

#### **4.9 Volumen de conocimiento registrado en el antes y el después de las explicaciones de ambos grupos**

El volumen de conocimiento de las explicaciones en el Grupo 1 y en el Grupo 2 *antes de la implementación de ambas secuencias didácticas* registró una mediana cercana al puntaje mínimo esperado, el cual era de 9 puntos. En el Grupo 1 se obtuvo una mediana de 13 puntos y en el Grupo 2 de 14 puntos. En la figura 25 se muestran ejemplos de explicaciones iniciales que representan el valor de la mediana detectado en cada uno de los grupos.

Figura 25

Ejemplos representativos de las medianas de volumen de conocimiento detectado en las explicaciones iniciales de ambos grupos

GRUPO 1

ETIQUETA	SEUDONIMO	ANTES																					
		PRECIÓN												ORGANIZACIÓN				COMPLECIÓN				PUNTOS	DESCRIPCIÓN GENERAL
		C1				C2				C3				C4				C5					
G1_32	ARACELI	Órganos y tejidos				Secreciones digestivas				Relación de sistemas				Etapas de la digestión				Causas y efectos				13	En el dibujo se dibuja la boca (1) luego un tubo largo y delgado que se deduce es el esófago (2), el estómago (3) se identifica como una tripa que conduce al ano (4). No se mencionan secreciones digestivas. Tampoco se representan relaciones entre el sistema digestivo y el circulatorio. El modelo que se utiliza para explicar la digestión es "entrada de alimentos, desplazamiento del alimento y salida de desechos". En el texto aparecen frases sin relación causal como "se mastica" (mecánica).
VALOR NUMÉRICO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	3	6	9	12	3	6	9	12			
ETIQUETA DEL VALOR ASIGNADO	Reconocimiento incipiente				Ausencia de reconocimiento				Ausencia de reconocimiento				Organización incipiente				Ausencia de completión						

GRUPO 2

ETIQUETA	SEUDONIMO	ANTES																					
		PRECIÓN												ORGANIZACIÓN				COMPLECIÓN				PUNTOS	DESCRIPCIÓN GENERAL
		C1				C2				C3				C4				C5					
G2_29	JOSEFINA	Órganos y tejidos				Secreciones digestivas				Relación de sistemas				Etapas de la digestión				Causas y efectos				14	En el dibujo se menciona la "garganta" que se asocia con la faringe (1), se deduce la presencia del esófago (2) y se representa el estómago, en el texto se agrega el intestino grueso (4). No se menciona la secreción de jugos digestivos. En el texto aparece la frase "lo que sirve se dirige a la sangre" lo que hace referencia a que hay una posible concepción de una relación entre sistemas. La digestión se explica con el modelo: "entrada de alimentos, desplazamiento, mención de digestión, sin salida de desechos" Aparece la frase "pasa por la boca y lo mastica" (acción mecánica), también aparece la frase "en el estómago se digiere" (pero, no queda claro a que tipo de acción se refiere, no existen suficientes elementos para determinarlo) Ninguna de las frases implican una relación causal.
VALOR NUMÉRICO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	3	6	9	12	3	6	9	12			
ETIQUETA DEL VALOR ASIGNADO	Reconocimiento incipiente				Ausencia de reconocimiento				Reconocimiento incipiente				Organización incipiente				Completión incipiente						

Como se muestra en la figura 25, la diferencia de un punto que obtuvo el Grupo 2 en las explicaciones iniciales se asoció a la categoría “Relación de sistemas”. Es decir, que en este grupo se presentó mayor volumen de conocimiento con respecto a la interacción de los sistemas digestivo y circulatorio. Sin embargo, el volumen de conocimiento de las explicaciones iniciales de ambos grupos tuvo características similares, distinguiéndose por la escasez de un léxico apropiado y por la carencia de elementos que permitan dar una explicación desarrollada sobre el proceso secuencial de la digestión de alimentos que incluyera las funciones mecánicas de los órganos, tejidos y las funciones bioquímicas de las secreciones involucradas.

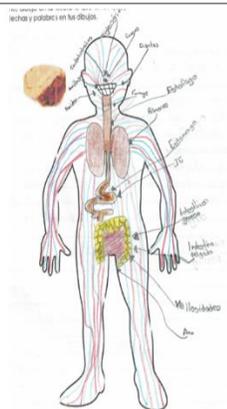
En contraste, *después de la implementación de las dos secuencias didácticas*, la mediana del Grupo 1 fue de 28 puntos y la del Grupo 2 de 13 puntos. En la figura 26 se observan ejemplos de las explicaciones finales de ambos grupos relacionados con el valor de las medianas registradas.

**Figura 26**

*Ejemplos representativos de las medianas de volumen de conocimiento detectado en las explicaciones finales de ambos grupos*

**GRUPO 1**

ETIQUETA	SEUDONIMO	DESPUÉS																					
		PRECISIÓN												ORGANIZACIÓN			COMPLECIÓN			PUNTOS	DESCRIPCIÓN GENERAL		
		C1				C2				C3				C4				C5					
Órganos y tejidos				Secreciones digestivas				Relación de sistemas				Etapas de la digestión				Causas y efectos							
G1_17_	LENNA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	3	6	9	12	3	6	9	12	28	En el dibujo y texto se representan y nombra una diversidad de órganos y tejidos involucrados en la digestión de alimentos y egestión de desechos a excepción del hígado y el páncreas. Se menciona la implicación de la amilasa y los jugos gástricos en la digestión. Se expresan en el dibujo venas y el pulmón como posible órgano de recepción de nutrientes, pero, hace falta el corazón. NO HAY FRASES EN EL TEXTO QUE ESTABLEZCAN UNA POSIBLE RELACIÓN. Se utiliza el modelo "entrada de alimentos, degradación de alimentos para obtener nutrientes, absorción de nutrientes y salida de desechos". En el texto aparecen frases "la amilasa va descomponiendo la gordita" (químico) y en el dibujo se especifica la representación de los dientes (mecánico) aunque en el texto no aparecen "acciones específicas" que indiquen transformaciones de tipo mecánico. Las relaciones causales son explícitas en los enunciados, por ejemplo: "hay bacterias que van descomponiendo la gordita para que se haga excremento".
VALOR NUMÉRICO					X			X				X					X		X				
ETIQUETA DEL VALOR ASIGNADO		Reconocimiento parcial				Reconocimiento parcial				Reconocimiento parcial				Organización global				Compleción incipiente					



Primera entra por la boca y la Amilasa va descomponiendo la gordita y despues pasa por la faringe y despues por el esofago y llega al estomago y secreta unos jugos gastricos y deshace la gordita y despues pasa al intestino delgado ay absorbe los nutrientes que tiene la comida y pasa al intestino grueso ay ay bacterias que van descomponiendo la gordita para que se aga excremento y las bacterias componen el excremento o popo y despues pasa al recto y ay se aguarda asta que quieras ir al baño.

**GRUPO 2**

ETIQUETA	SEUDONIMO	DESPUÉS	PRECISIÓN												ORGANIZACIÓN				COMPLECIÓN				PUNTOS	DESCRIPCIÓN GENERAL
			C1				C2				C3				C4				C5					
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	3	6	9	12	3	6	9	12		
1	ANALY														Etapas de la digestión				Causas y efectos				13	En el dibujo aparece el esófago (1), el estómago en forma de "tripa" (2), el ano (3), en el texto se menciona la boca (4). No se mencionan secreciones digestivas. Tampoco existen elementos que permitan establecer relación entre el sistema digestivo y el circulatorio. El modelo que se utiliza para explicar la digestión es ingreso de alimentos, desplazamiento y eliminación de desechos. No existen frases que permitan identificar si el niño reconoce transformaciones bioquímicas y mecánicas en la digestión, por tanto, tampoco se encuentran relaciones de tipo causal.
VALOR NUMÉRICO			X				X				X				X				X					
ETIQUETA DEL VALOR ASIGNADO			Reconocimiento incipiente	Ausencia de reconocimiento	Ausencia de reconocimiento	Organización incipiente	Ausencia de completión																	

Como se observa en la figura 26, el volumen de conocimiento registrado en las explicaciones finales del Grupo 1 es diferente al de las explicaciones finales del Grupo 2. El volumen de conocimiento de las explicaciones del Grupo 1 se caracterizó por presentar léxico preciso y una organización adecuada que permitió explicar el proceso de la digestión de alimentos. Sin embargo, se detectaron pocos enunciados que expresaran relaciones causales, sobre todo, asociados a las funciones mecánicas de órganos y tejidos. En cambio, el volumen de conocimiento del Grupo 2 se distinguió por seguir presentando un léxico limitado, poca organización de las etapas involucradas y sin la incorporación de relaciones causales.

#### **4.10 Diferencias de volumen de conocimiento entre el antes y el después de las explicaciones de ambos grupos**

Para contrastar las diferencias en el volumen de conocimiento entre los dos grupos participantes antes y después de haber implementado las secuencias didácticas, se usó la prueba estadística *U Mann Whitney*.

Al analizar el volumen de conocimiento de las explicaciones antes de las secuencias didácticas en los dos grupos, se observó una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0.006$ ). Esto es, que la mediana del Grupo 2 ( $M=14$ ) fue mayor que la mediana del Grupo 1 ( $M=13$ ). Al evaluar los componentes que conforman el volumen de conocimiento se encontró que la mayoría de las categorías de ambos grupos tienen niveles semejantes. Sin embargo, en la “Relación de sistemas”, un 30 % de las explicaciones de los estudiantes del Grupo 2 fueron evaluadas como incipientes, en comparación con un 10 % de las explicaciones del Grupo 1 (Gráfico 3 y Gráfico 8).

Posteriormente, al analizar el volumen de conocimiento de las explicaciones elaboradas después de las respectivas secuencias didácticas, también se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los grupos ( $P=2.4 \times 10^{-10}$ ). En contraste con el inicio, el Grupo 1 presentó una mediana mayor en comparación con la mediana del Grupo 2 tras haber recibido la secuencia didáctica (28 vs. 13, respectivamente).

Esta diferencia se asoció con el incremento de los niveles logrados en las cinco categorías de las explicaciones finales del Grupo 1 y el nulo avance de las explicaciones finales del Grupo 2. Es decir, que la secuencia didáctica implementada en el Grupo 1 promovió el aumento de volumen de conocimiento de las explicaciones, principalmente en la precisión y organización.

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

En esta investigación se exploraron las características, avances y diferencias de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos de dos grupos de sexto grado de educación primaria antes y después de la implementación de una secuencia didáctica diseñada *exprofeso* (Grupo 1) y de una secuencia centrada en la enseñanza regular (Grupo 2). Los resultados mostraron que las explicaciones iniciales de ambos grupos incluyeron modelos poco desarrollados y precisos. Es decir que, los estudiantes integraron pocos órganos y tejidos, enunciando principalmente a aquellos relacionados con experiencias de la vida cotidiana (Cubero, 1998) tales como boca, estómago y ano. Estas observaciones son consistentes a las reportadas por otros autores, por ejemplo, Banet y Núñez (1988) señalaron que los estudiantes consideran al estómago como el órgano central y predominante del sistema digestivo. Aunque este órgano es fundamental, el proceso digestivo involucra una diversidad de órganos y tejidos que realizan funciones mecánicas y/o secretoras, las cuales comúnmente no se mencionan en las explicaciones iniciales. En este sentido, Cakici (2005) identificó que los estudiantes reconocen las estructuras físicas, pero las secreciones son vagamente reconocidas en el mejor de los casos. Adicionalmente, el léxico empleado para referirse a estos elementos es poco preciso, frecuentemente se utiliza vocabulario de la vida cotidiana para nombrarlos.

En las explicaciones iniciales también se observó una visión reduccionista sobre el funcionamiento del organismo, la cual limita que los estudiantes establezcan relaciones entre los sistemas del cuerpo humano. En las pocas explicaciones que incorporaron una relación entre el sistema digestivo y el circulatorio, se detectaron frases erróneas como “lo que es bueno se va por la sangre y lo que no se desecha”. Estas frases tienen una concepción dualista implícita sobre la clasificación de alimentos que se utiliza para intentar explicar la digestión (Carvalho *et al.*, 2004; León-Sánchez *et al.*, 2005). Esta concepción obstruye la comprensión del proceso de la digestión así como su función, en cambio, puntualiza la clasificación de comida sana vs chatarra, lo que deriva en que el estudiante genere interpretaciones inadecuadas y

señale que solamente lo “bueno o sano” es procesado por el organismo y el resto se desecha.

Igualmente, en estas explicaciones la digestión se explicó como un proceso de entrada del alimento, desplazamiento y salida de desechos, que rara vez incluyó nociones sobre la transformación del alimento y la obtención de nutrientes. Esto se relaciona con que los estudiantes generalmente atribuyen una función estática a órganos y tejidos (Teixeira, 2000). En el presente estudio, solamente a la boca y el estómago se les asignó una función dinámica, pero, esto no benefició la introducción de relaciones de tipo causal en las explicaciones, aunque los estudiantes señalaron la acción de los órganos, omitieron mencionar el efecto de la acción en el alimento.

Este conjunto de datos permitió constatar que, los estudiantes formulan respuestas intuitivas utilizando el sentido común y la experiencia (Driver, 1993). De tal manera que ofrecen explicaciones poco precisas, simplificadas, desorganizadas, con poco nivel de conocimiento científico y carentes de relaciones causales. Sin embargo, el propósito del estudio no fue emitir juicios valorativos sobre las explicaciones iniciales de los estudiantes, sino aplicar dos secuencias didácticas para analizar cómo inciden en la complejidad de las explicaciones de los estudiantes.

Después de la implementación de la secuencia didáctica, en el Grupo 1 se obtuvieron mejores resultados que en el Grupo 2. Los estudiantes del Grupo 1 incluyeron en sus explicaciones una mayor diversidad de órganos, tejidos y secreciones para explicar la digestión de alimentos y el léxico que se utilizó para nombrarlos fue preciso. El uso de frases erróneas sobre la relación de sistemas dejó de aparecer y en las producciones se detectó una visión más integrada sobre cómo interactúa el sistema digestivo con el circulatorio para lograr la distribución de nutrientes. También, se detectó mejor organización en las explicaciones, debido a que los estudiantes integraron la degradación del alimento para obtener nutrientes y la absorción, esto incidió en un incremento notable del volumen de conocimiento registrado en las explicaciones finales. Asimismo, se observó la introducción de relaciones de tipo causal, aunque estas se relacionaron casi siempre con las secreciones

digestivas y se caracterizaron por tener algunas imprecisiones relacionadas con el uso de términos para explicar la hidrólisis de grasas y carbohidratos.

Los resultados en el Grupo 1 pueden deberse, en gran medida, a las estrategias didácticas empleadas en la secuencia didáctica, las cuales contribuyeron a la construcción de explicaciones más complejas. Varios estudios han señalado que las secuencias didácticas con actividades que orienten al estudiante a profundizar sobre lo no observable y que le demanden un esfuerzo cognitivo contribuyen en el desarrollo de una comprensión más profunda y facilitan la elaboración de explicaciones (Sanmartí *et al.*, 1999; Jorba, 2010; De Andrade *et al.*, 2019). En particular, la secuencia didáctica para el Grupo 1 incluyó:

1. Prácticas experimentales para detectar grasas y carbohidratos presentes en los alimentos;
2. Simulación y elaboración de inferencias sobre el proceso digestivo;
3. Construcción de modelos analógicos sobre:
  - a. La estructura molecular de grasas y carbohidratos
  - b. La conexión del intestino delgado, las vellosidades y los vasos sanguíneos,
4. Representaciones teatrales sobre los procesos implicados en la distribución de nutrientes.

En dichas actividades los estudiantes tuvieron la oportunidad de reconfigurar y enriquecer sus experiencias y aproximarse de manera progresiva al conocimiento científico escolar para desarrollar la habilidad de explicar. El común denominador de estas actividades fue que los estudiantes participaron activamente poniendo en práctica habilidades cognitivas como: analizar, inferir, comparar, relacionar y clasificar. En contraste, en la secuencia didáctica del Grupo 2 se utilizaron otras habilidades como: recordar, reconocer, identificar y resaltar. Al respecto, autores como Jorba (2010) e Izquierdo y Sanmartí (2010) han señalado que estas habilidades de menor demanda cognitiva son poco propicias para favorecer el desarrollo de la habilidad de explicar.

Cabe señalar que, la secuencia didáctica del Grupo 1 promovió avances en los criterios de precisión, organización y volumen de conocimiento. Sin embargo, estamos

conscientes que aún queda trabajo por hacer, dado que hubo poco avance en la compleción, y en consecuencia, hizo falta que la mayoría de los alumnos explicasen adecuadamente el proceso de digestión y aumentaran así el volumen de conocimiento. Para ello, se ha considerado que faltó hacer mayor énfasis en actividades que propiciaran la introducción de relaciones causa-efecto (compleción). Aunque en la secuencia didáctica se introdujeron actividades para atender este aspecto tales como: la elaboración de modelos analógicos y la simulación, estas favorecieron más el reconocimiento general de elementos y procesos subyacentes como las secreciones, la degradación bioquímica de grasas y carbohidratos y la conexión de órganos y tejidos involucrados en la absorción de nutrientes, que el estudio de relaciones causales que dan origen a las transformaciones físicas y bioquímicas del alimento.

Por otro lado, también es importante reconocer que el acto de explicar no es una tarea sencilla y que es una habilidad que se perfecciona en la medida en que se practica, para lograr explicaciones cada vez más complejas (Sanmartí *et al.*, 1999; Gómez *et al.*, 2005). Al respecto, nuestro estudio presenta la importancia de revisar y profundizar sobre la construcción de significados asociados a la comprensión de las relaciones causa-efecto y brindar al estudiante las experiencias concretas de aprendizaje que le permitan identificar y razonar sobre este tipo de relaciones. Esto permitiría que los estudiantes tengan más herramientas para explicar la digestión como un proceso continuo de transformaciones físicas y bioquímicas.

Ahora bien, reconocemos que nuestro estudio tiene algunas limitaciones que conviene subrayar. El sistema de categorías que se utilizó es lo suficientemente sensible y permite detectar la precisión, organización, compleción y volumen de conocimiento de las explicaciones. Sin embargo, durante el análisis identificamos aspectos específicos del contenido de las explicaciones en las que consideramos hubiera sido útil entrevistar al estudiante para obtener información adicional y lograr una comprensión más completa sobre sus producciones explicativas. Asimismo, hizo falta negociar con los estudiantes de ambos grupos el significado y las características de la explicación. Pensamos que esta negociación pudo haber incidido favorablemente en la elaboración de explicaciones más complejas por parte de los estudiantes.

A pesar de las limitaciones que podrían subsanarse en investigaciones futuras, pensamos que el estudio realizado en la presente tesis representa un esfuerzo importante por favorecer y comprender la complejidad inherente de las prácticas de enseñanza que buscan promover el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas como la explicación en el ámbito escolar.

## CAPÍTULO 6. ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

Uno de los objetivos particulares de la tesis fue proponer orientaciones didácticas que permitan al profesorado favorecer y guiar el desarrollo de la explicación científica en el ámbito escolar. Este conjunto de orientaciones didácticas se elaboró en función de la experiencia y los resultados obtenidos en el trabajo de tesis. Algunas de estas orientaciones forman parte de la secuencia didáctica implementada en el Grupo 1 y otras son producto de la reflexión sobre los obstáculos a los que nos enfrentamos cuando operamos dicha secuencia didáctica y que faltó considerar, pero, que pensamos pueden incidir efectivamente en el desarrollo de explicaciones científicas complejas. Las orientaciones se encuentran divididas en cinco ejes:

*a) Sobre la negociación de significados.*

Antes de gestionar la explicación como habilidad cognitivo-lingüística en el aula, es importante considerar la negociación de significados respecto a lo que el docente y los estudiantes entenderán como “explicar” en el marco de una secuencia didáctica. Acordar el significado de explicar contribuye a que los estudiantes tengan claro desde el inicio cuáles son las bases de la explicación y no confundan esta habilidad con otras como: la descripción, la justificación o la argumentación. Para establecer este proceso de negociación se propone realizar las siguientes preguntas a los estudiantes:

- ¿Qué significa explicar? Esta pregunta implica llegar de manera conjunta a un significado compartido sobre la explicación, y que este sea adecuado al nivel de comprensión de los estudiantes. Para ello, se pueden proponer ejemplos en el aula sobre lo que es y lo que no es explicar.
- ¿Qué tengo que hacer cuando voy a elaborar una explicación? La pregunta pretende construir con los estudiantes un plan de acción que les permite elaborar explicaciones. Ambos pueden realizar sugerencias que guíen el proceso de planificación que antecede a la explicación. Entre estas sugerencias resalta la organización de las ideas, el uso de lenguaje claro y conciso, la elaboración de esquemas y dibujos, etcétera.

- ¿Qué características tiene una explicación? Los estudiantes serán informados de los criterios que se utilizarán en la revisión y mejora de sus explicaciones. De esta manera, el estudiante reconoce que una explicación debe incluir un lenguaje preciso, que se utiliza para organizar los procesos de una secuencia temporal lógica y que debe incorporar las relaciones causa-efecto involucradas en el fenómeno.

*b) Sobre la profundidad de los niveles de conocimiento.*

Cuando el objetivo sea desarrollar la habilidad de explicar, el docente habrá de cuestionarse cuáles son las causas subyacentes involucradas en el fenómeno que se pretende explicar y así propiciar que los estudiantes exploren y estudien dichas causas subyacentes. Esto les permitirá ir más allá de la memorización superficial de los hechos y aproximarse a modelos explicativos más complejos que integren un mayor volumen de conocimiento. En la digestión de alimentos una causa subyacente es la hidrólisis de nutrientes. Explorar cómo los compuestos químicos complejos presentes en los alimentos se descomponen en moléculas más simples por el efecto de secreciones digestivas, brinda al estudiante la posibilidad de comprender de forma sobre la digestión de alimentos. Sin embargo, para plantear actividades didácticas en el marco de una secuencia que contribuyan a la comprensión de causas subyacentes de un fenómeno biológico, es importante considerar algunos aspectos:

- Conocer la complejidad del fenómeno a tratar: Antes de guiar al estudiante en el estudio de causas subyacentes, el docente debe de aproximarse a ellas y comprenderlas para establecer el grado de complejidad que se desea abordar, considerando el nivel académico de los estudiantes. Por tal razón, es importante plantearse algunas preguntas como ¿Qué quiero lograr con mis estudiantes al estudiar las causas subyacentes de este fenómeno? ¿Qué aspectos particulares de estas causas son más relevantes e interesantes para los estudiantes? ¿Cuáles son mis limitaciones de tiempo y recursos para abordar el estudio de estas causas subyacentes? Realizar estas preguntas y proponer algunas otras puede contribuir a que se definan metas claras.

- El uso del léxico especializado es fundamental: Al estudiar las causas subyacentes es inevitable encontrarnos con léxico altamente especializado con el que seguramente no estamos familiarizados los docentes y tampoco los estudiantes. Este lenguaje puede ser abrumador y es necesario pensar en estrategias que permitan comprenderlo y no solo repetirlo para memorizarlo. Al respecto, el uso de modelos analógicos sobre los conceptos subyacentes implicados en el fenómeno, favorecen que el estudiante y los docentes aumenten el vocabulario propio del fenómeno que se pretende explicar. Sin embargo, es importante considerar otro tipo de estrategias que acompañen el uso de modelos analógicos como las analogías, las cuales permiten establecer comparaciones y asociaciones con el vocabulario abstracto. Adicionalmente, se puede proponer ejercicios al estudiante donde este establezca relaciones entre las representaciones visuales del concepto y el léxico que se utiliza para nombrarlos.

*c) Sobre el planteamiento de nuevas formas de enseñar*

En la enseñanza no hay fórmulas exactas ni recetas que determinen cómo propiciar que los estudiantes avancen en la comprensión y la construcción explicaciones complejas de fenómenos científicos. Sin embargo, es fundamental observar y cuestionar las formas que usualmente se utilizan para abordar temas como la digestión de alimentos y plantearse así algunos aspectos como:

- Diferenciar entre alimento y nutriente: Es habitual que cuando se enseña sobre la digestión de alimentos, el concepto “alimento” sea ampliamente utilizado. Incluso hay evidencia de prácticas y planteamientos curriculares que se centran en ese concepto y que proponen actividades de aprendizaje como la clasificación de los alimentos según su valor nutricional. Aunque puede ser conveniente que los estudiantes reconozcan la diversidad de alimentos y su aporte nutricional, es importante considerar que este tipo de ideas a veces incide en el desarrollo de una visión simplificada sobre la digestión donde se asume que los alimentos únicamente experimentan modificaciones físicas y se reducen en tamaño para desplazarse directamente a las células del cuerpo.

Asimismo, el estudiante puede asumir ideas erróneas como que el organismo selecciona solamente los alimentos nutritivos para que lleguen a las células y desecha los alimentos chatarra o de bajo valor nutrimental, cuando esto no ocurre así. Por consiguiente, es esencial introducir el concepto “nutriente” en la enseñanza de la digestión, pero, no limitándose a la definición del concepto, su clasificación y función en el organismo. Se propone, en cambio, abordar el estudio de la digestión partiendo de identificar que existen sustancias químicas presentes en los alimentos llamados nutrientes y que estos tienen una estructura molecular compleja que debe volverse más simple para que puedan absorberse en el intestino. El reconocimiento de estas sustancias es un cimiento fundamental para que los estudiantes puedan incluir en sus explicaciones los procesos de transformación bioquímica implicados en la digestión de alimentos, y no solo referirse a las acciones mecánicas relacionadas con la degradación o transformación física del alimento.

- La visión sistémica sobre el cuerpo humano: Abordar el estudio del cuerpo humano desde esta visión ayuda a comprender cómo los diferentes órganos y tejidos que componen un sistema trabajan de manera coordinada y cooperativa para cumplir una determinada función. En el caso de la digestión de alimentos, recuperar la visión sistémica para abordar el estudio de este fenómeno, involucra considerar prácticas de enseñanza donde se estudie la relación del sistema digestivo con el sistema circulatorio a fin de que el estudiante comprenda cómo ambos sistemas actúan para lograr las células del organismo obtengan los nutrientes necesarios para el funcionamiento óptimo.

*d) Sobre el uso de recursos y materiales educativos.*

Para favorecer el desarrollo de la explicación en los estudiantes, es esencial incluir en el diseño de actividades didácticas el uso de modelos analógicos sobre conceptos y procesos abstractos involucrados en el fenómeno que deseamos que el estudiante explique. En el caso de la digestión de alimentos: el concepto nutriente, la hidrólisis y la etapa de absorción de nutrientes poseen una complejidad específica. Por

lo que, sí, no se utilizan los materiales y recursos adecuados que favorezcan su comprensión, difícilmente el estudiante podrá explicar un fenómeno aún más complejo como es la digestión de alimentos.

En la enseñanza regular es común utilizar formatos que ofrecen al estudiante una representación visual cercana a la realidad de la estructura y las formas de conceptos y procesos científicos. Por ejemplo, en los temas relacionados con el estudio de los sistemas del cuerpo humano se suele emplear láminas e ilustraciones donde se aprecia la estructura, ubicación, forma y nombres de órganos y tejidos que pertenecen a un sistema en particular. Generalmente, el uso de este tipo de formatos se complementa con explicaciones verbales, lo que permite asociar y retener cierta información sobre la organización anatómica del sistema en cuestión. Sin embargo, difícilmente favorecen que el estudiante reconozca la función y características particulares de los órganos y tejidos que integran un sistema, sobre todo, de aquellas que son altamente especializados.

En este sentido, se propone incluir en las secuencias didácticas la elaboración de modelos analógicos que representen la relación entre el intestino delgado, las vellosidades y los vasos sanguíneos, ya que su uso trae consigo algunos beneficios como:

- Apoyar a la visualización y comprensión concreta: El empleo de este modelo analógico proporciona al estudiante no solo una experiencia visual sino tangible, dado que pueden examinar y manipular el modelo y así comprender cómo se relacionan los órganos y tejidos. Esto favorece un acercamiento concreto sobre cómo se lleva a cabo la absorción de nutrientes en el intestino delgado y cómo las vellosidades y vasos sanguíneos se involucran en este proceso.
- Promover el estudio de las relaciones causa-efecto: La manipulación de modelos analógicos de partes especializadas del sistema digestivo, contribuye a que el estudiante estudie el papel específico que tiene cada órgano y tejidos involucrados en la absorción de nutrientes y si se orienta a los estudiantes con

buenas preguntas, estos pueden utilizar dicho modelo analógico para explorar relaciones causa-efecto que les permitan comprender cómo se interconectan dichos órganos y tejidos.

- Ofrecer una experiencia práctica: Los modelos analógicos se pueden emplear en actividades más amplias como simulaciones de procesos donde el estudiante pueda manipularlos y convertirse así en participantes activos de su propio proceso de aprendizaje. Así, la combinación de simulaciones y el empleo de modelos analógicos ofrece a los estudiantes la posibilidad de experimentar de manera interactiva con los procesos no visibles de la digestión y contribuir así a fortalecer la comprensión sobre dicho fenómeno.

También se sugiere incluir la construcción de modelos analógicos sobre la estructura molecular de los nutrientes, su uso en clase otorga ventajas como:

- Promover el reconocimiento de conceptos subyacentes: Los nutrientes a nivel molecular son partículas minúsculas que no se pueden ver a simple vista. Por tanto, el empleo de modelos analógicos contribuye a que el estudiante visualice la estructura del concepto nutriente que es abstracto y registre una imagen mental, adecuada a su nivel académico, sobre la disposición espacial de las moléculas.
- Facilitar la enseñanza de procesos abstractos: La descomposición química de los nutrientes presentes en los alimentos es un proceso abstracto y difícil de explicar. Entonces, si los estudiantes tienen la posibilidad de manipular la estructura molecular de un nutriente y visualizar cómo se hidroliza en la medida en que avanza por el sistema digestivo, tendrán más posibilidades de comprender cómo y para qué se realiza la digestión de alimentos en el cuerpo humano. La manipulación de un modelo que asemeja la disposición espacial de las moléculas de un nutriente favorece que el estudiante comprenda cómo estas estructuras moleculares se modifican, volviéndose cada vez más simples para que puedan absorberse en las vellosidades del intestino delgado.

*e) Sobre las bases de orientadoras de la acción*

Las bases orientadoras de la acción son estrategias o actividades cuya finalidad es guiar al estudiante para que resuelva problemas y facilitar la construcción de saberes. En el diseño de secuencias didácticas que buscan fortalecer la habilidad explicativa de los estudiantes, la elección de estas bases orientadoras deben de propiciar que el estudiante utilice el lenguaje oral o escrito como mediador para avanzar en la elaboración de sus propias explicaciones. Algunas bases orientadoras de la acción que favorecen la habilidad explicativa pueden ser:

- Plantear buenas preguntas: El uso de la pregunta es común en las prácticas de enseñanza, pero, las preguntas que buscan orientar la explicación de los estudiantes deben exigir que el estudiante busque relaciones entre los elementos que participan en un fenómeno. Además, de animarlo a realizar inferencias y deducciones acerca de cómo y por qué suceden los procesos y hechos involucrados en dicho fenómeno. Así, en lugar de plantear preguntas que buscan respuestas superficiales, se debe optar por aquellas que no tienen una respuesta inmediata y que provocan que el estudiante movilice operaciones mentales de mayor esfuerzo. Por ejemplo, en lugar de preguntar: ¿Cuáles son los órganos y tejidos del sistema digestivo? Se puede cuestionar sobre: ¿Qué le sucede a un alimento cuando alguien se lo come?
- Elaborar redes de conceptos: Cuando se estudia un fenómeno científico se presenta al estudiante una gran diversidad de información que requiere digerirse y sintetizarse. Si el estudiante no discrimina y se da el tiempo de asimilar la información, seguramente, tendrá menos posibilidades de organizar sus ideas al momento de elaborar una explicación. Al respecto, las redes de conceptos ofrecen al estudiante la posibilidad de delimitar y conceptualizar la información de los fenómenos que están estudiando a fin de identificar aquella que es necesaria y relevante para construir sus propias explicaciones.

- Fomentar la valoración crítica: Compartir las explicaciones entre pares para que los estudiantes realicen una coevaluación crítica es una práctica con la que deben de familiarizarse. Esto favorece que entre ellos detecten sus propios errores y entiendan en qué se han equivocado y cómo deben corregirlo. Asumir una valoración crítica de sus producciones explicativas fomenta que el estudiante diseñe estrategias propias para consolidar explicaciones cada vez más complejas.

## CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

En el presente estudio se caracterizó y comparó la complejidad de las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos de los estudiantes de dos grupos de sexto grado de primaria antes y después de la implementación de secuencias didácticas. En el Grupo 1 se implementó una secuencia didáctica centrada en el desarrollo de explicaciones y en el Grupo 2 una secuencia enfocada en la enseñanza regular.

La secuencia didáctica centrada en el desarrollo de explicaciones demostró ser una estrategia adecuada para mejorar la habilidad explicativa de los estudiantes. Las actividades que se incluyeron favorecieron que los estudiantes de sexto grado logaran una mayor comprensión sobre la digestión de alimentos. Los estudiantes fueron guiados para reconocer órganos y tejidos e identificar sus funciones secretoras y mecánicas, relaciones entre los sistemas, etapas de la digestión y transformaciones físicas y bioquímicas de los alimentos, lo que les permitió construir explicaciones más complejas sobre dicho fenómeno.

Así, actividades didácticas como las prácticas experimentales, simulaciones, elaboración de inferencias, construcción de modelos analógicos y representaciones donde se otorga continuamente el uso del lenguaje al estudiante, resultaron ser herramientas valiosas para promover el desarrollo de la explicación científica en el ámbito escolar. No obstante, es importante que en el diseño de nuevas secuencias didácticas cuyo objetivo sea el desarrollo de explicaciones científicas escolares, se haga mayor énfasis en actividades y estrategias didácticas que enfatizan la comprensión de las relaciones causales.

Por otro lado, el sistema de categorías que se propuso para caracterizar la precisión, compleción, organización y volumen de conocimiento de las explicaciones fue útil y contribuyó a realizar un análisis objetivo y detallado en términos cualitativos y cuantitativos. El uso de este sistema permitió identificar la precisión, es decir, determinar el reconocimiento de los elementos involucrados en el fenómeno y además el uso del lenguaje científico apropiado para nombrarlos. La integración del criterio de

organización permitió valorar en qué medida los estudiantes construyeron una explicación lógica y coherente sobre cómo ocurre la digestión. En cuanto a la compleción, se logró detectar si los estudiantes introdujeron enunciados cuyo contenido expresara relaciones causa-efecto. Por último, la asignación de valores numéricos facilitó concretar el volumen de conocimiento contenido en las explicaciones.

Emplear este sistema de categorías ayudó a obtener información clara y detallada sobre la complejidad de las explicaciones y pensamos que podría ser de utilidad para otros docentes para analizar y explorar las explicaciones de sus estudiantes en diferentes temas. El instrumento puede ser adaptado de acuerdo con las necesidades y expectativas del docente para utilizarlo como guía. Se sugiere que el empleo de este instrumento se acompañe de otras estrategias de investigación como las entrevistas orales y la negociación de significados sobre el significado de explicar, para lograr ampliar y enriquecer la comprensión sobre cómo los estudiantes construyen explicaciones científicas.

Adicionalmente, la propuesta de un estudio comparativo permitió identificar cómo influyeron dos propuestas didácticas en las explicaciones de los estudiantes. Inicialmente, las explicaciones de los estudiantes de los dos grupos participantes se caracterizaron por tener un léxico propio preciso e incluir pocos elementos para explicar la digestión de alimentos. Además, estas explicaciones mostraban que los estudiantes tenían una visión reduccionista sobre cómo funciona el cuerpo humano, carecían de una estructura lógica y secuenciada que considerara todas las etapas de la digestión y no se encontraron relaciones causales, esto reflejó en consecuencia un volumen de conocimiento limitado.

En contraste, después de aplicar las secuencias didácticas, las características de las explicaciones del Grupo 2 mantuvieron características similares y en las del Grupo 1 se observaron avances notables que evidenciaron una mayor integración de elementos para explicar la digestión y el uso de léxico apropiado. Igualmente, se identificaron modelos explicativos más organizados y detallados. Además, se presentó una mejora en la introducción de relaciones causales, las cuales se asociaron

principalmente a transformaciones bioquímicas de los nutrientes presentes en el alimento, también se expresaron relaciones causales vinculadas a cambios físicos, pero, estas se detectaron con menor frecuencia. Sin embargo, hizo falta que los estudiantes profundizaran sobre este tipo de relaciones dado que, en la mayoría de los casos, se identificaron dificultades para explicitar sobre el efecto de la acción mecánica o bioquímica en el alimento y los nutrientes.

Los hallazgos posibilitaron la formulación de orientaciones didácticas claras y fundamentadas en la experiencia y resultados de investigación de este trabajo de tesis. Este conjunto de orientaciones recupera algunas sugerencias precisas para apoyar al profesorado al momento de diseñar secuencias didácticas cuyo objetivo sea fortalecer la habilidad explicativa del estudiante.

Consideramos que con este trabajo de tesis contribuimos en el estudio de la explicación científica escolar con evidencia concreta y fundamentada sobre la caracterización, avances y diferencias encontradas en las explicaciones científicas escolares sobre la digestión de alimentos. Sin embargo, los resultados obtenidos invitan a plantearse nuevas líneas de investigación. Entre ellas, estudiar cómo la introducción de la negociación de significados sobre relaciones causales en una secuencia didáctica podría influir en la elaboración de explicaciones complejas. También se sugiere analizar el contenido de las explicaciones, utilizando estrategias complementarias al sistema de categorías, como las entrevistas a estudiantes, a fin de obtener información adicional que sirva para profundizar en el estudio de las explicaciones, y finalmente, explorar las habilidades cognitivas, la toma de decisiones y las estrategias que emplea un estudiante al momento de elaborar explicaciones.

**REFERENCIAS**

- Anders, V. (2022, 25 de octubre). *Explicar*. Etimologías - Diccionario que explica el origen de las palabras. <http://etimologias.dechile.net/?explicar>
- Banet, E., y Núñez, F. (1988). Ideas de los alumnos sobre la digestión: Aspectos fisiológicos. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 7(1), 35-44. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4996>
- Bardin, L. (1986). El análisis de contenido (C. Suárez, Trad.). Akal Ediciones.
- Barnes, D. R. (1994). *De la comunicación al currículo*. Visor.
- Braaten, M., y Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education: Scientific Explanations. *Science Education*, 95(4), 639-669. <https://doi.org/10.1002/sce.20449>
- Brisk, M. E. (2014). *Engaging Students in Academic Literacies. Genre-based Pedagogy for K-5 Classrooms*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781317816164>
- Bruna Esteban, M., Ortiz - Escandell, Ma. Á., y Acosta Mérida, Ma. A. (2020). Anatomía y fisiología del esófago. Semiología clínica y pruebas complementarias en el estudio de la patología esofágica. En P. A. Cascales Campos, J. M. Quiñonero Rubio, y P. Ramírez Romero (Eds.), *Medicina y cirugía del aparato digestivo* (pp. 1 – 14). Elsevier.
- Cabello, V. M., Moreira, P. M., y Griñó Morales, P. (2021). Elementary Students' Reasoning in Drawn Explanations Based on a Scientific Theory. *Education Sciences*, 11(10), 1-19. <https://doi.org/10.3390/educsci11100581>
- Cakici, Y. (2005). Exploring Turkish upper primary level pupils' understanding of digestion. *International Journal of Science Education*, 27(1), 79-100. <https://doi.org/10.1080/0950069032000052036>
- Carvalho, G. S., Silva, R., Lima, N., Coquet, E., y Clément, P. (2004). Portuguese primary school children's conceptions about digestion: Identification of learning

obstacles. *International Journal of Science Education*, 26(9), 1111-1130. <https://doi.org/10.1080/0950069042000177235>

Cofré, H., González-Weil, C., Vergara, C., Santibáñez, D., Ahumada, G., Furman, M., Podesta, M. E., Camacho, J., Gallego, R., y Pérez, R. (2015). Science Teacher Education in South America: The Case of Argentina, Colombia and Chile. *Journal of Science Teacher Education*, 26(1), 45-63. <https://doi.org/10.1007/s10972-015-9420-9>

Cubero, R. (1998). Aprendizaje de la digestión en la enseñanza primaria. *Alambique*, 2(16), 1-6.

De Andrade, V., Freire, S., y Baptista, M. (2019). Constructing scientific explanations: A system of analysis for students' explanations. *Research in Science Education*, 49(3), 787-807. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9648-9>

Díaz-Rubio, M., y Díaz-Rubio, E. R. (2007). Anatomía funcional del intestino delgado y del colón. En *Trastornos motores del aparato digestivo* (2a. ed., pp. 183-196). Editorial Médica Panamericana.

Driver, R. (1993). Una visión constructivista del aprendizaje y sus implicaciones para la enseñanza de las ciencias. En C. Palacios - Gómez, D. Ansoleaga - San Antonio, y A. Ajo - Lázaro (Eds.), *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias* (pp. 307-330). Ministerio de Educación y Ciencia: C.I.D.E.

Duschl, R. A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Narcea Ediciones.

Fang, Z. (2005). Scientific literacy: A systemic functional linguistics perspective. *Science Education*, 89(2), 335-347. <https://doi.org/10.1002/sce.20050>

Flores Camacho, F. (2012). Conocimiento, concepciones y formación de los profesores. En F. Flores Camacho (Ed.), *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México* (pp.113-128). INEE.

Frías Guzmán, M., Haro - Águila, Y., y Artiles Olivera, I. (2017). Las habilidades cognitivas en el profesional de la Información desde la perspectiva de proyectos y asociaciones internacionales. *Investigación Bibliotecológica*, 31(71), 201-218. <https://doi.org/10.22201/iibi.0187358xp.2017.71.57816>

García García, C. (2006). Fisiopatología de la colestasis. *Medicina Interna de México*, 22(5), 411-426.

García-Debanco, C. (1994). Apprendre à justifier par écrit une réponse: Analyses linguistiques et perspectives didactiques. *Pratiques*, 84(1), 5-40. <https://doi.org/10.3406/prati.1994.1725>

Gilbert, J. K., Boulter, C., y Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97. <https://doi.org/10.1080/0950069980200106>

Gómez, A. A. (2006). Construcción de explicaciones científicas escolares. *Revista Educación y Pedagogía*, 18(45), 75-83.

Gómez, A. A., Sanmartí, N., y Pujol, R. (2005). Construcciones de explicaciones causales: Los seres vivos en interacción con el medio. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 1-5.

Gómez, I. (2010). Bases teóricas de una propuesta didáctica para favorecer la comunicación en el aula. En J. Jorba, I. Gómez, y Á. Prat (Eds.), *Hablar y escribir para aprender: Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares* (pp.19-27). Síntesis.

Hall, J. (2016). *Tratado de Fisiología Médica de Guyton y Hall*. (13a ed.). Elsevier.

Iturra, M. A., Mallea, J. I., Quintanilla, M. R., Chen, Y.-Y., y Herrera, A. M. (2021). Explicaciones escolares respecto al concepto reactivo limitante. *Educación Química*, 32(5), 81-95. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.78128>

Izquierdo, M., y Sanmartí, N. (2010). Enseñar a leer y escribir textos de Ciencias de la Naturaleza. En J. Jorba, I. Gómez, y Á. Prat (Eds.), *Hablar y escribir para aprender: Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares* (pp.131-238). Síntesis.

Jorba, J. (2010). La comunicación y las habilidades cognitivo-lingüísticas. En J. Jorba, I. Gómez, y Á. Prat (Eds.), *Hablar y escribir para aprender: Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares* (pp. 29-45). Síntesis.

Júnior, A. C. F., Antenucci, R. M. F., Almeida, E. O., Rocha, E. P., y Silva, E. M. M. (2008). El sistema masticatorio y las alteraciones funcionales consecuentes a la pérdida dentaria. *Acta Odontológica Venezolana*, 46(3), 375-380

Latarjet, M., y Ruiz Liard, A. (2012). *Anatomía humana* (4a ed.). Editorial Médica Panamericana.

Laza, C. (2006). La causalidad en epidemiología. *Investigaciones Andina*, 8(12), 1-14.

León-Sánchez, R., Palafox Palafox, G., y Barrera García, K. B. (2005). Las Ideas de los Niños acerca del Proceso Digestivo. *Revista Mexicana de Psicología*, 22(1), 137-158.

Meneses, A., Hugo, E., Montenegro, M., Valenzuela, A., y Ruiz, M. (2018). Explicaciones científicas: Propuestas para la enseñanza del lenguaje académico. *Boletín de Lingüística*, 3(49-50), 134-157.

Moore, K. L., y Dalley, A. F. (2007). *Anatomía con orientación clínica*. (5a ed.). Editorial Médica Panamericana.

Moreno, E. R., Gatica, M. Q., y Surday, A. L. (2012). Concepciones epistemológicas del profesorado de biología en ejercicio sobre la enseñanza de la biología. *Ciência & Educação*, 18(4), 875-895. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000400009>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2006). *El programa PISA de la OCDE. Qué es y para qué sirve*. Santillana. <https://www.oecd.org/pisa/39730818.pdf>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2018). *Programa para la evaluación internacional de alumnos (PISA) 2018. Resultados*. [https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018\\_CN\\_MEX\\_Spanish.pdf](https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_MEX_Spanish.pdf)

Park, J., Chang, J., Tang, K.-S., Treagust, D. F., y Won, M. (2020). Sequential patterns of students' drawing in constructing scientific explanations: Focusing on the interplay among three levels of pictorial representation. *International Journal of Science Education*, 42(5), 677-702. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1724351>

Pickett, S. T., Kolasa, J., y Jones, C. G. (1994). *Ecological understanding: The nature of theory and the theory of nature* (2a. ed.). Elsevier.

Reznitskaya, A., y Gregory, M. (2013). Student Thought and Classroom Language: Examining the Mechanisms of Change in Dialogic Teaching. *Educational Psychologist*, 48(2), 114-133. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.775898>

Rodrigo, M. J. (1994). El hombre de la calle, el científico y el alumno: ¿un solo constructivismo o tres? *Investigación en la Escuela*, (23), 7-16.

Rubio, A., y Meneses, A. (2021). Diferencias en el dominio de la organización discursiva y en el uso de recursos léxico-gramaticales en explicaciones científicas producidas por estudiantes de 4° básico. *Revista Signos*, 54(106), 438-464. <https://doi.org/10.4067/S0718-09342021000200438>

Sanmartí, N. (1997). Enseñar y aprender ciencias: Algunas reflexiones. <https://www.redcientificaescolar.com/post/ense%C3%B1ar-y-aprender-ciencias-algunas-reflexiones-neus-sanmart%C3%AD>

Sanmartí, N., Izquierdo, M., y García, P. (1999). Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, (281), 54-58.

Sastre, J., Sabater, L., y Aparisi, L. (2005). Fisiología de la secreción pancreática. *Gastroenterología y Hepatología*, 28(2), 3-9. <https://doi.org/10.1157/13071380>

Secretaría de Educación Pública. (1993). *Plan de Estudios 1993*. SEP.

Secretaría de Educación Pública. (2011). *Programa de Estudios 2011*. SEP.

Secretaría de Salud. (2021). *Guía de orientación para la reapertura de las escuelas ante COVID - 19. Versión 2.0*. SS.

Sommer Lohrmann, M., y Cabello, V. M. (2020). Andamios de retiro gradual. Parte 2: Apoyos a la construcción de explicaciones en ciencia primaria. *Estudios Pedagógicos*, 46(1), 269-284. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052020000100269>

Teixeira, F. M. (2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22(5), 507-520. <https://doi.org/10.1080/095006900289750>

Téllez Villajos, L., y Albillos Martínez, A. (2014). Hipertensión portal no cirrótica. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 106(2), 145. <https://doi.org/10.4321/S1130-01082014000200012>

Vigotsky, L. S. (1993). *Pensamiento y lenguaje*. Visor.

Zuluaga Gómez, A., y Jiménez Verdejo, A. (2002). Patología retroperitoneal. *Actas Urológicas Españolas*, 26(7), 445-466. [https://doi.org/10.1016/S0210-4806\(02\)72814-](https://doi.org/10.1016/S0210-4806(02)72814-3)