



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS  
AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO  
NACIONAL

UNIDAD ZACATENCO

PROGRAMA DE DOCTORADO TRANSDISCIPLINARIO EN  
DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO PARA LA  
SOCIEDAD

“Impacto de las redes de colaboración en la  
creación del conocimiento en la ingeniería  
mexicana”

TESIS

Que presenta

**M. en C. JORGE RODRÍGUEZ MIRAMONTES.**

Para obtener el grado de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

EN LA ESPECIALIDAD DE

**DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO PARA  
LA SOCIEDAD**

Codirectores:

Dra. Claudia González Brambila  
Departamento Académico de  
Administración ITAM.

Dr. Miguel Ángel Pérez  
Angón. Departamento de  
Física. CINVESTAV

México D.F.

Enero 2016.



## Agradecimientos

A mis directores, que dejaron en mí una parte de su experiencia, que será de gran utilidad para guiarme en mi nueva vida académica.

A mis asesores, por sus comentarios valiosos que dieron fortaleza a esta tesis.

Al CONACYT por el apoyo económico que recibí en mi estudio de postgrado.

Dedicatoria:

A la mujer que siempre ha estado a mi lado en el logro de mis objetivos académicos, como novia en el grado de ingeniería, como esposa en el grado de maestría, y ahora como madre de mis dos hijos, en el grado de doctor. Este logro es tuyo, gracias por toda tu comprensión y por soportar los momentos difíciles que conllevo este gran esfuerzo, sin ti esto no sería posible, te amo, Ibon Jacobo de la Rosa.

A mis hijos Jorge y Javed por darme los ánimos necesarios para no renunciar a este proyecto de vida.

## RESUMEN

Utilizando una base de datos de ingenieros investigadores en México pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores, este trabajo analiza los efectos de la colaboración externa en los productos de la investigación, medida en publicaciones y citas internacionales. Los resultados muestran que los tipos de colaboración que tienen un impacto positivo en la productividad de la investigación son: la colaboración intrainstitucional, interinstitucional, internacional y gobierno-academia. Sorprendentemente, la colaboración industria-academia no tiene un impacto significativo. Se utilizaron diferentes tipos de dimensiones de las redes sociales para medir la colaboración, tales como: densidad, agujeros estructurales, grado nodal, cercanía, intermediación y vector propio.

## ABSTRACT.

Using a database of engineers in Mexico, this paper analyzes the impact of the collaboration in publications and cites. The results show that intra-institutional, inter-institutional, international and academia-governmental collaborations all have a positive impact on productivity. However, academia-industry collaboration does not produce a significant impact. Different types of dimensions of social networks were used to gauge the collaboration, such as density, structural holes, closeness, betweenness and eigenvector.

# ÍNDICE

|  |      |
|--|------|
| LISTA DE ACRÓNIMOS.  | III  |
| ÍNDICE DE TABLAS.  | VIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS.   | IX   |
| INTRODUCCIÓN.  | 1    |
| OBJETIVOS.   | 4    |
| CAPITULO 1. EL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGADORES Y LA INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN MÉXICO (1991-2011).    |      |
| 1.1. Educación superior en México.   | 6    |
| 1.2. Sistema Nacional de Investigadores.   | 8    |
| 1.3. Publicar y enseñar o salir del SNI.   | 11   |
| 1.4. Determinantes de la Productividad.  | 14   |
| 1.5. Datos y Método.   | 16   |
| 1.6. Resultados.   | 18   |
| CAPITULO 2. INVESTIGACION EN INGENIERIA: SNI-VII (1991-2011).  |      |
| 2.1. La Ingeniería en el SNI.  | 32   |
| 2.2. Movilidad de la ingeniería mexicana.  | 36   |
| 2.2.1. Altas y Bajas del Sistema.  | 36   |
| 2.2.2. Adscripción.  | 38   |
| 2.2.3. Entidad Federativa.   | 41   |
| 2.2.4. Formación de Capital Humano en Investigación.   | 44   |
| CAPITULO 3. LOS EFECTOS DE LA COLABORACIÓN EN LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN EN LA INGENIERÍA MEXICANA (1981-2007). |      |
| 2.1. Trabajos Relacionados.  | 50   |
| 2.2. Datos y Método.   | 55   |
| 2.2.1. Variables   | 56   |
| 2.2.2. Modelo.   | 59   |
| 2.3. Resultados.   | 62   |
| DISCUSION YCONCLUSIONES.   | 69   |
| REFRENCIAS.  | 73   |
| ANEXO A.   |      |
| Datos de la colaboración en investigación en ingeniería (1980-2011)  | 78   |

## LISTA DE ACRÓNIMOS.

| ACRÓNIMO  |   |
|-----------|---|
| BUAP      | BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA                                       |
| CAES      | CENTRO ACADÉMICO DE ESTUDIOS SUPERIORES   |
| CEFPSVLT  | CENTRO DE ESTUDIOS FILOSÓFICOS, POLÍTICOS Y SOCIALES VICENTE LOMBARDO           |
| CENIDET   | CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO                       |
| CESUES    | CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL ESTADO DE SONORA                              |
| CETI      | CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA INDUSTRIAL  |
| CETYS     | CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR  |
| CIAD      | CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.                      |
| CIAT      | CENTRO DE INGENIERÍA AVANZADA EN TURBOMAQUINAS                                  |
| CIATEC    | CENTRO DE INNOVACIÓN APLICADA EN TECNOLOGÍAS COMPETITIVAS, A.C.                 |
| CIATEJ    | CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA EN TECNOLOGÍA Y DISEÑO DEL EDO. DE JALISCO |
| CIATEQ    | CIATEQ, A.C., CENTRO DE TECNOLOGÍA AVANZADA.                                    |
| CIBNOR    | CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C.                         |
| CICATA    | CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA AVANZADA DEL IPN       |
| CICESE    | CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, B.C.    |
| CICY      | CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN, A.C.                             |
| CIDE      | CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.                             |
| CIDESI    | CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL                                    |
| CIDETEQ   | CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA, S.C.        |
| CIESAS    | CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS SUPERIORES EN ANTROPOLOGÍA SOCIAL            |
| CISS      | CENTRO INTERAMERICANO DE ESTUDIOS DE SEGURIDAD SOCIAL                           |
| CIGGET    | CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA Y GEOMÁNTICA "ING. JORGE L. TAMAYO"        |
| CIMAT     | CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATEMÁTICAS, A.C.                                    |
| CIMAV     | CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS, S.C.                           |
| CINVESTAV | CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN                         |
| CIO       | CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ÓPTICA, A.C.                                       |
| CIPAC     | CENTRO IBEROAMERICANO DE POSGRADO, A.C.   |
| CIQA      | CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA                                     |
| CISAV     | CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOCIAL AVANZADA   |
| COLEF     | EL COLEGIO DE LA FRONTERA NORTE, A.C.   |
| COLMEX    | EL COLEGIO DE MÉXICO, A.C.  |
| COLMICH   | EL COLEGIO DE MICHOACÁN, A.C.   |
| COLPOS    | COLEGIO DE POSTGRADUADOS EN CIENCIAS AGRÍCOLAS                                  |
| COLSAN    | EL COLEGIO DE SAN LUIS, A.C.  |
| COMIMSA   | CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES, S.A. DE C.V.               |
| CSAEGRO   | COLEGIO SUPERIOR AGROPECUARIO DEL EDO. DE GUERRERO                              |
| CUDF      | COLEGIO UNIVERSITARIO DEL DISTRITO FEDERAL                                      |
| DGECyTM   | DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MAR                  |
| DGEST     | DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA                             |
| DGETA     | DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA AGROPECUARIA                         |
| DGETI     | DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA INDUSTRIAL                           |
| DGIT      | DIRECCIÓN GENERAL DE INSTITUTOS TECNOLÓGICOS                                    |
| ECOSUR    | EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR   |
| ELD       | ESCUELA LIBRE DE DERECHO  |



|            |   |
|------------|---|
| ELP        | ESCUELA LIBRE DE PSICOLOGÍA, A.C.                                     |
| ENAH       | ESCUELA NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA                           |
| ENS        | ESCUELA NORMAL DE SINALOA   |
| ENSE       | ESCUELA NORMAL SUPERIOR DEL ESTADO DE COAHUILA                        |
| ENSM       | ESCUELA NORMAL SUPERIOR   |
| FLACSO     | FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES                         |
| IBERO      | UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA  |
| IBERO-L    | UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA-LEÓN                                       |
| IBERO-P    | UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA-PUEBLA                                     |
| IESAP      | INSTITUTO DE ESTUDIOS SUPERIORES EN ADMINISTRACIÓN PÚBLICA            |
| IEST       | INSTITUTO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE TAMAULIPAS, A.C.                  |
| IHEM       | INSTITUTO DE HISTOLOGÍA Y EMBRIOLOGÍA (IHEM)                          |
| IMICH      | INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CINEMATográfICAS Y HUMANÍSTICAS |
| IMORA      | INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DR. JOSÉ MARÍA LUIS MORA                 |
| INACIPE    | INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS PENALES                                |
| INAOE      | INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA ÓPTICA Y ELECTRÓNICA                |
| INECOL     | INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.   |
| INFOTEC    | FONDO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN PARA LA INDUSTRIA                |
| IPICYT     | INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, A.C.    |
| IPN        | INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  |
| ISTMOAME   | UNIVERSIDAD ISTMO AMERICANA, A.C.                                     |
| ITAM       | INSTITUTO TECNOLÓGICO AUTÓNOMO DE MÉXICO                              |
| ITESM      | INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY           |
| ITESO      | INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE           |
| ITSON      | INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA                                       |
| MARISTA    | UNIVERSIDAD MARISTA DE MERIDA   |
| TECMILENIO | UNIVERSIDAD TEC MILENIO   |
| TESE       | TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC                        |
| TESJO      | TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE JOCOTITLAN                      |
| UA         | UNIVERSIDAD ANÁHUAC   |
| UAA        | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES                                |
| UAAAN      | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO                            |
| UABC       | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA                               |
| UABCS      | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR                           |
| UABJO      | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA BENITO JUÁREZ DE OAXACA                          |
| UACAM      | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE                                      |
| UACh       | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO   |
| UACH       | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA                                     |
| UACJ       | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ                                 |
| UACM       | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO                           |
| UAD        | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE DURANGO                                       |
| UADEC      | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA                                      |
| UADY       | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN                                       |
| UAEH       | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO                            |
| UAEM       | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS                            |
| UAEMEX     | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO                             |
| UAG        | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA                                   |
| UAGRO      | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO                                      |

|            |   |
|------------|---|
| UAIM       | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA INDÍGENA DE MÉXICO           |
| UAM        | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA                |
| UAm        | UNIVERSIDAD DEL MAYAB, A.C.                       |
| UAn        | UNIVERSIDAD ANÁHUAC DEL NORTE                     |
| UAN        | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT                   |
| UANL       | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN                |
| UAQ        | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO                 |
| UAs        | UNIVERSIDAD ANÁHUAC DEL SUR                       |
| UAS        | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA                   |
| UASLP      | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ           |
| UAT        | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS                |
| UATX       | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA                  |
| UAZ        | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS                 |
| UC         | UNIVERSIDAD CUAUHTÉMOC                            |
| UCEM       | UNIVERSIDAD DE LA CIÉNEGA DEL ESTADO DE MICHOACÁN |
| UCOL       | UNIVERSIDAD DE COLIMA                             |
| UCSJ       | UNIVERSIDAD DEL CLAUSTRO DE SOR JUANA, A.C.       |
| UDEC       | UNIVERSIDAD DE CELAYA, A.C.                       |
| UDEFA      | UNIVERSIDAD DEL EJERCITO Y FUERZA AÉREA           |
| UDEM       | UNIVERSIDAD DE MONTERREY                          |
| UDG        | UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA                        |
| UDLA       | UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS, A.C.                 |
| UDLAP      | UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA                |
| UDO        | UNIVERSIDAD DE OCCIDENTE                          |
| UGTO       | UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO                         |
| UIC        | UNIVERSIDAD INTERCONTINENTAL. A.C.                |
| UIEM       | UNIVERSIDAD INTERCULTURAL DEL EDO. DE MEX.        |
| UIIM       | UNIVERSIDAD INTERCULTURAL INDÍGENA DE MICHOACÁN   |
| UIMQROO    | UNIVERSIDAD INTERCULTURAL MAYA DE QUINTANA ROO    |
| UJAT       | UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO            |
| UJED       | UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO          |
| UMAR       | UNIVERSIDAD DEL MAR                               |
| UMICH      | UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  |
| UMM        | UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE MONTERREY            |
| UNACAR     | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARMEN                   |
| UNACH      | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS                   |
| UNAM       | UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO           |
| UNCA       | UNIVERSIDAD DE LA CAÑADA                          |
| UNEVE      | UNIVERSIDAD ESTATAL DEL VALLE DE ECATEPEC         |
| UNICAH     | UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS        |
| UNICARIBE  | UNIVERSIDAD DEL CARIBE                            |
| UNICH      | UNIVERSIDAD INTERCULTURAL DE CHIAPAS              |
| UNIPOLIDGO | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE DURANGO                |
| UNISTMO    | UNIVERSIDAD DEL ISTMO                             |
| UNITEC     | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE MÉXICO                 |
| UNIVA      | UNIVERSIDAD DEL VALLE DE ATEMAJAC                 |
| UNPA       | UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN                        |
| UNSIJ      | UNIVERSIDAD DE LA SIERRA JUÁREZ                   |

|           |   |
|-----------|---|
| UNSI      | UNIVERSIDAD DE LA SIERRA SUR                                    |
| UP        | UNIVERSIDAD PANAMERICANA  |
| UPA       | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE AGUASCALIENTES                       |
| UPAEP     | UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL ESTADO DE PUEBLA               |
| UPALT     | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE ALTAMIRA                             |
| UP-B      | UNIVERSIDAD PANAMERICANA CAMPUS BONETERA                        |
| UPBC      | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE BAJA CALIFORNIA                      |
| UPCHIAPAS | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CHIAPAS                              |
| UPDC      | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL CENTRO                              |
| UPEMOR    | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL ESTADO DE MORELOS                   |
| UPFIM     | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA FRANCISCO I MADERO                      |
| UPGM      | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL GOLFO DE MÉXICO                     |
| UPGTO     | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE GUANAJUATO                           |
| UPJR      | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE JUVENTINO ROSAS                      |
| UPN       | UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL                                 |
| UPP       | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PACHUCA                              |
| UPPenj    | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PÉNJAMO                              |
| UPPue     | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PUEBLA                               |
| UPQ       | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE QUERÉTARO                            |
| UPRR      | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE LA REGIÓN RIBEREÑA                   |
| UPSLP     | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE SAN LUIS POTOSÍ                      |
| UPSZ      | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL SUR DE ZACATECAS                    |
| UPT       | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE TECÁMAC                              |
| UPTgo     | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE TULANCINGO                           |
| UPTLAX    | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE TLAXCALA                             |
| UPV       | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VICTORIA                             |
| UPVM      | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL VALLE DE MÉXICO                     |
| UPVT      | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL VALLE DE TOLUCA                     |
| UPZ       | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE ZACATECAS                            |
| UPZMG     | UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA |
| URSE      | UNIVERSIDAD REGIONAL DEL SURESTE                                |
| USALLE    | UNIVERSIDAD LA SALLE, A.C.                                      |
| USALLE-B  | UNIVERSIDAD DE LA SALLE BAJÍO, A.C.                             |
| USALLE-M  | UNIVERSIDAD LA SALLE MORELIA, A.C.                              |
| USALLE-P  | UNIVERSIDAD LA SALLE PACHUCA. A.C.                              |
| USB       | UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR                                       |
| USM       | UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA                        |
| USON      | UNIVERSIDAD DE SONORA   |
| UTCV      | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CENTRO DE VERACRUZ                  |
| UTeM      | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE MANZANILLO                           |
| UTEZ      | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EMILIANO ZAPATA DEL ESTADO DE MORELOS   |
| UTH       | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE HERMOSILLO                           |
| UTL       | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LEÓN                                 |
| UTM       | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA                           |
| UTNAY     | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE NAYARIT                              |
| UTP       | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PUEBLA                               |
| UTQ       | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE QUERÉTARO                            |
| UTSJR     | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE SAN JUAN DEL RIO                     |

|       |   |
|-------|---|
| UTTEC | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TECÁMAC          |
| UTTgo | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TULANCINGO       |
| UTTT  | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TULA-TEPEJI      |
| UTVT  | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL VALLE DE TOLUCA |
| UV    | UNIVERSIDAD VERACRUZANA                     |
| UVM   | UNIVERSIDAD DEL VALLE DE MÉXICO             |
| UX    | UNIVERSIDAD DE XALAPA                       |
| UXAC  | UNIVERSIDAD XICOTEPETL, A.C.                |

## ÍNDICE DE TABLAS.

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1.1. Publicaciones mínimas para el ingreso por área del SNI.                             | 13 |
| Tabla 1.2. Top 100 IES Artículos 1991-2011.  | 23 |
| Tabla 1.3. Top 100 IES Citas 1991-2011.  | 24 |
| Tabla 1.4. Top 100 Autores con más Publicaciones.  | 27 |
| Tabla 1.5 Top 100 Autores con más Citas 1991-2011.   | 28 |
| Tabla 1.6 Promedio de altas y bajas del sistema nacional de investigadores de 1991 a 2011.     | 29 |
| Tabla 1.7 Tamaño de IES en el 2011.  | 30 |
| Tabla 2.1. Distribución de Investigadores por Nivel y Género en Ingeniería.                    | 34 |
| Tabla 2.2. Distribución de investigadores por disciplina y Género.                             | 36 |
| Tabla 2.3. Distribución de investigadores en ingeniería adscritos a una IES (1991-2011).       | 40 |
| Tabla 2.4. Distribución de investigadores en empresas en México.                               | 41 |
| Tabla 2.5. Principales Disciplinas por Entidad Federativa (1991-2011).                         | 47 |
| Tabla 2.6. Distribución de Investigadores por entidad federativa y país de obtención de grado. | 48 |
| Tabla 3.1 Periodos estudio.  | 62 |
| Tabla 3.2. Estadística Descriptiva.  | 63 |
| Tabla 3.3 Correlación de Spearman.   | 65 |
| Tabla 3.4 Resultados de la regresión para publicaciones.                                       | 66 |
| Tabla 3.5 Resultados de la regresión para citas.   | 67 |
| Tabla A.1. Publicaciones por IES por tipo de colaboración.                                     | 82 |
| Tabla A. 2. Publicaciones por área del Conocimiento y por tipo de colaboración.                | 86 |
| Tabla A.3. Artículos citados por IES por tipo de colaboración.                                 | 89 |
| Tabla A.4. Citas por Disciplinas en ingeniería.  | 90 |

## ÍNDICE DE FIGURAS.

|  |    |
|--|----|
| Fig. 1.1. Promedio anual de publicaciones por género.  | 19 |
| Fig. 1.2 Edad máxima de productividad de los miembros del SNI.   | 19 |
| Fig. 1.3 Publicaciones anuales por tipo de colaboración.   | 20 |
| Fig. 1.4 Producción promedio anual de artículos por coautoría.   | 21 |
| Fig. 2.1 Comparación del total de Investigadores del SNI con el Área VII.                                      | 32 |
| Fig. 2.2. Evolución del SNI-VII por niveles (1991-2011).   | 33 |
| Fig. 2.3 Investigadores por Disciplina en el Área VII del SNI.   | 35 |
| Fig. 2.4. Altas y Bajas del SNI-VII por Nivel (2004-2011).   | 38 |
| Fig. 2.5. Número de Investigadores adscritos a instituciones en el extranjero 1991-2011.                       | 39 |
| Fig. 2.6. Distribución de investigadores en ingeniería por entidad federativa (1991-2011).                     | 42 |
| Fig. 2.7. Distribución de investigadoras en ingeniería por entidad federativa (1991-2011).                     | 43 |
| Fig. 2.8. Disciplinas de ingeniería representativas por entidad federativa (1991-2011).                        | 44 |
| Fig. 2.9. Proporción de investigadores por País de obtención de grado (1991-2011).                             | 45 |
| Fig. 2.10. Paises con mayor cantidad de investigadores mexicanos en ingeniería graduados en sus universidades. | 46 |
| Fig. 3.1 Evolución de la publicaciones Mexicanas en ingeniería, 1981-2007.                                     | 56 |
| Fig. A. 1. Publicaciones en colaboración y coautores por área del SNI.   | 79 |
| Fig. A. 2. Proporción de publicaciones por tipo de colaboración.   | 80 |
| Fig. A. 3. Publicaciones por IES por tipo de colaboración.   | 81 |
| Fig. A. 4. Empresas con más de 3 publicaciones en coautoría.   | 83 |
| Fig. A. 5 Instituciones gubernamentales con más de 20 publicaciones en coautoría.                              | 84 |
| Fig. A. 6. Proporción de la colaboración por continente.   | 85 |
| Fig. A. 7. Las 10 naciones con más coautoría con México.   | 86 |
| Fig. A.8. Publicaciones por año de las 10 principales disciplinas en ingeniería.                               | 87 |
| Fig. A. 9. Comparación del número de artículos citados con el total por tipo de colaboración.                  | 88 |
| Fig. A. 10. Citas por año en las principales disciplinas de ingeniería.  | 91 |

## INTRODUCCIÓN.

Sin duda la evaluación de los resultados de la investigación a nivel investigador e institucional es una herramienta para la toma de decisiones, que se basa en un proceso de recolección de información, que tiene como misión asegurar la calidad de la educación e investigación, así como el funcionamiento eficiente de las Instituciones de Educación Superior (IES). La importancia y frecuencia de la evaluación y monitoreo de los resultados de la investigación científica y tecnológica han ido en aumento desde la década de los ochenta, no sólo en México sino a nivel global; a nivel macro los gobiernos han optado por incrementar el financiamiento a proyectos, en detrimento del financiamiento institucional<sup>1</sup> (OCDE, 2002). Para tener acceso a recursos económicos, los investigadores someten propuestas de investigación a una institución financiadora la cual, comúnmente, utiliza evaluadores externos e internos para decidir qué propuestas deben ser apoyadas. En este proceso, hay evidencia (Arora y Gambardella, 1998; Arora et al 1998) que muestra que el número de publicaciones del investigador proponente tiene un considerable efecto en las decisiones de los evaluadores a la hora de determinar quiénes recibirán financiamiento. A nivel micro, las universidades y centros de investigación usan también el número de publicaciones y citas para supervisar el desempeño de los investigadores y para otorgar compensaciones, promociones y ascensos.

Sí bien las ideas surgen entre individuos, la interacción entre individuos juega un papel crucial en la articulación y amplificación del conocimiento (Nonaka, 1994). Por tanto, no es sorprendente encontrar un amplio y creciente interés en los estudios en colaboración en investigación. En estudios pioneros, Lotka (1962) mostraron una relación positiva entre colaboración y el incremento de la productividad científica, dando paso a la pregunta: ¿los autores más prolíferos tienden a colaborar más que los menos productivos?, tiempo después (Price & Beaver, 1966) respondieron dicha pregunta encontrando que los autores más productivos fueron también los más colaborativos, lo cual también fue confirmado por Zuckerman (1967) un año más tarde. Birnholtz (2007) encontró

---

<sup>1</sup> El financiamiento institucional se refiere a la asignación presupuestal otorgada a universidades y centros de investigación en forma directa, sin que tengan que “concurrir” por recursos económicos.

una influencia positiva entre calidad y colaboración, por su parte Katz & Hicks (1997) encontraron una relación positiva entre coautor y el número de citas recibidas. Toda esta evidencia nos hace suponer que la colaboración en la investigación es "algo bueno", sin embargo, no se puede suponer que los diferentes tipos de colaboración producen el mismo impacto positivo, por otra parte, la dinámica de la colaboración podrían diferir sustancialmente si los investigadores proceden de la misma universidad, de diferentes instituciones académicas, o aún más, si forman parte de una organización gubernamental o de una empresa y colaborar con un miembro de la academia.

El impacto en la productividad científica es examinado dependiendo del tipo de colaboración. Cinco tipos de colaboración son consideradas: 1) cuando los coautores son de la misma institución (colaboración interinstitucional); 2) cuando los coautores son de diferentes instituciones académicas en el mismo país (colaboración intrainstitucional); 3) cuando los coautores son de diferentes instituciones académicas en diferentes países (colaboración internacional); 4) cuando algún coautor pertenece a una institución académica y otros son parte de una institución gubernamental (colaboración academia-gobierno); y 5) cuando algún coautor proviene de una institución académica y los otros pertenecen a una empresa (colaboración academia-industria).

Asumiendo que las características de la red de colaboración podrían variar en función del tipo de colaboración, seis medidas de análisis de redes son consideradas. 1) grado de centralidad (Degree), es el número de contactos directos que un investigador tiene, la idea, es que el investigador con más vínculos tiende a ser el más importante en la red; 2) cercanía (closeness), se basa en la inversa de la distancia de cada investigador con los demás investigadores en la red, en otras palabras un investigador se considera importante si él o ella está relativamente cerca de todos los otros investigadores; 3) intermediación (betweenness), mide el número de veces que un investigador actúa como puente a lo largo del camino más corto entre otros dos investigadores, un investigador con estas características puede controlar el flujo de la comunicación, por lo que es importante en el flujo de la información de la red. 4) eigenvector, es una medida de la influencia de un investigador con el resto en la red, un investigador es importante si él o ella están vinculados con los



investigadores bien conectados. 5) La densidad es el valor medio de las relaciones entre todos los contactos, describe la porción de las conexiones potenciales en una red que son reales; y 6) Structural holes (agujeros estructurales) son la ausencia de un enlace entre dos contactos que están asociados con un investigador, esencialmente es la medición del grado en el que un nodo está relacionado con otros nodos que están conectados el uno al otro.

Asumiendo que la producción del conocimiento, así como la dinámica de las publicaciones varía considerablemente entre las áreas del conocimiento (Singh, 2007) (Gonzalez-Brambila, 2014), decidimos explorar solamente productividad de la investigación en ingeniería. Las razones es que, hasta donde sabemos, sólo hay pocos estudios que exploran productividad de la investigación en ingeniería. Además, se podría esperar encontrar mayor colaboración con la industria que en otras áreas del conocimiento como las ciencias naturales. Otra razón es que es posible que la investigación en ingeniería tienden a abordar los problemas más locales o regionales que otras áreas que abordan las preocupaciones más universales.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

El objetivo de este trabajo es determinar cómo el tipo de colaboración y las características de los investigadores dentro de la red social afecta los resultados de investigación (publicaciones y citas) en ingeniería mediante un análisis econométrico.

### OBJETIVOS SECUNDARIOS:

1. Con base a datos procedentes del *Science and Social Sciences Citation Index* desarrollados por el *Institute of Scientific Information (ISI)*(ISI, 2012) crear una base de datos de las publicaciones y citas de todos los artículos científicos que cuenten al menos un autor con dirección en México, publicados en el periodo de 1991 al 2011.
2. Clasificar las publicaciones de acuerdo a los cinco tipos de colaboración: interinstitucional, intrainstitucional, internacional, academia-industria y academia-gobierno.
3. Crear una base de datos de los investigadores que han pertenecido al Sistema Nacional de Investigadores del área de ingenierías desde 1981 hasta 2011.
4. Crear un match entre la base de datos de las publicaciones y citas con la base de los Investigadores adscritos al SNI-VII con las siguientes características:
  - a. Nombre.
  - b. Genero.
  - c. Edad.
  - d. IES de adscripción.
  - e. Área del conocimiento de la especialidad
  - f. País de obtención del doctorado.
  - g. Publicaciones y citas obtenidas de 1991 a 2011.
  - h. Tipo de colaboración.

CAPITULO I

EL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGADORES Y LA  
INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN  
MÉXICO.

(1991-2011)

## 1.1. Educación superior en México.

En México y en América Latina, de forma general se pueden clasificar dos tipos de organización académica: organización catedra-facultad y departamento-colegio. (Ibarrola, 1992). La organización Catedra-Facultad, está formada por unidades operacionales dentro de una universidad, es decir son células que se enfocan sobre un plan de estudio (carrera), la cual agrupa a estudiantes que están inscritos al programa y profesores de tiempo completo y de asignatura que independientemente de su disciplina están adscritos a la división o carrera de estudio y generalmente están gobernadas por un director de división o carrera. La organización Departamento-Colegio se distingue por el agrupamiento de profesores e investigadores en un departamento que se especializa en un área determinada del conocimiento, en el cual se conjugan las actividades de investigación y docencia en una sola unidad académica cubriendo una parte del plan de estudios.

Sin embargo el surgimiento de la universidad moderna, que se caracteriza por su dedicación a la investigación hizo que el modelo Catedra-Facultad entrara en crisis, según Bernasconi (Alcantara, 2009) este modelo latinoamericano entro en declive a finales de los setenta y principios de los ochenta, para él, los factores que provocaron dicho declive fueron entre otros el incremento de la matrícula, la diversificación de la IES en los países de la región, el surgimiento de la economía del conocimiento, el capitalismo académico y las reformas neoliberales.

En México el ejemplo claro de transformación del modelo clásico (Catedra-Colegio) al moderno (Departamento-Colegio) a principios de los años setenta, fue la Universidad Autónoma de México (UNAM) al discernir entre las entidades dedicadas a la docencia (facultades y escuelas) y aquellas las que su objetivo principal es la investigación (institutos y centros) buscando una sinergia entre ambas funciones logrando un beneficio mutuo, esta sinergia bajo el nombre de modelo “universidad de Investigación” o “universidad moderna” se caracteriza por una organización departamental, el sistema de jerarquización y promoción de los profesores, una burocracia profesional y eficiente, flexibilidad curricular, el gobierno de la universidad está en manos de los académicos y existe un sistema de reconocimientos y estímulos económicos para la investigación (Alcantara,

2009). En los años setenta el modelo adoptado por la UNAM fue también acogido por otras IES privadas como el Instituto Tecnológico de Monterrey (ITESM) y la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG) y en 1974 se creó la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) con un enfoque totalmente Departamento-colegio (Chavoya Peña). Sin embargo a la fecha son pocas las universidades que tienen las condiciones académicas y financieras para dar el salto de lo obsoleto a lo moderno, es por esto que en México aún persisten IES con un enfoque más cargado a la docencia que a la investigación y algunas con gobiernos participativos y con un compromiso político institucionalizado.

La educación superior (ES) en México se agrupa en dos sistemas claramente definidos, la educación pública y la privada, en las cuales se ofrece una formación científica y tecnológica de acuerdo a los intereses y objetivos profesionales del estudiante.

En general el sistema de ES público se compone de nueve subsistemas los cuales se mencionan a continuación:

- Universidades Públicas Federales. Son universidades que reciben presupuesto del gobierno federal, que además de realizar funciones de docencia, se generan actividades y proyectos de investigación (generación y aplicación innovadora del conocimiento).
- Universidades Públicas Estatales. Son organismos de ES creadas por decreto de los congresos locales, bajo la figura jurídica de organismos públicos descentralizados, sus actividades son las mismas que las universidades federales.
- Universidades Públicas Estatales con Apoyo Solidario. La única diferencia de estas universidades con las estatales, radica en que el financiamiento proviene principalmente del gobierno estatal y el gobierno federal contribuye con un apoyo solidario convenido con el estado respectivo.
- Institutos Tecnológicos. Estos organismos son creados con el objetivo de dar respuesta a las necesidades propias del medio geográfico y social, y

al desarrollo industrial de la zona que se ubican, por lo que sus actividades de docencia e investigación se enfocan al sector tecnológico.

- Universidades Politécnicas. Son universidades de reciente creación (2001) basados en el modelo educativo en competencias, estas se orientan a la investigación aplicada al desarrollo tecnológico con una colaboración estrecha con organizaciones del sector productivo, público y social.
- Universidades Tecnológicas. En estas instituciones los alumnos egresan con el grado de Técnico Universitario, debido a que se tiene una formación intensiva que les permite incorporarse en dos años al sector productivo o continuar con estudios de licenciatura en otra IES.
- Universidades Interculturales. Este tipo de IES se crearon en el periodo sexenal 2000-2006 por iniciativa del gobierno federal. En estas se imparten programas en los niveles de profesional asociado, licenciatura, y posgrado, comprometidos con el desarrollo económico, social y cultural de las comunidades indígenas de nuestro país.
- Centros públicos de Investigación. Este tipo de Instituciones se caracteriza por generar recursos Humanos sólo a nivel posgrado, y en algunos casos en menor medida estudios de licenciatura.
- Escuelas Normales Públicas. Son IES que tienen el objetivo de formar los futuros profesores de educación preescolar, primaria y secundaria. En estas se ofrecen programas de licenciatura en educación preescolar y secundaria entre otros.

## 1.2. Sistema Nacional de Investigadores.

Existen muchos trabajos que indican una clara relación entre el salario y la productividad del investigador (Kotrlik, Bartlett, Higgins, & Williams, 2001). Es lógico entonces pensar que ofrecer salarios más altos tiene como consecuencia una alta tasa de productividad, lo que conlleva a las IES una actividad científica continua y disminuyendo así el riesgo de la fuga de cerebros a otras

instituciones. Sin embargo no todas las universidades en México tienen las condiciones económicas y políticas para ofrecer salarios atractivos a sus docentes, esta situación se complica aún más para el investigador debido a que un criterio para la contratación permanencia y promoción en la IES se basa en gran medida por la productividad del docente, una solución a este problema por parte de los investigadores ha sido obtener recursos extras (becas) provenientes de otros programas, a tal grado según (Maldonado, 2010) algunos académicos reciben al menos 50% de sus ingresos totales por dichos recursos externos.

Merton (Stephen & Cole, 1967) señaló hace algún tiempo, la ciencia ha desarrollado un sistema de recompensas diseñado para dar "el reconocimiento y estima a los (científico) que han cumplido mejor sus funciones, a los que han hecho contribuciones genuinamente originales al conocimiento". Existen diferentes tipos de sistemas que dependen de las políticas en ciencia de cada país, en esta parte del trabajo se aborda el sistema de reconocimiento y estímulos económicos creado por la política en ciencia mexicana bajo el nombre del Sistema Nacional de Investigadores.

El 26 de julio de 1984 fue creado el SNI por decreto del presidente Miguel de la Madrid en respuesta a la situación que enfrentaba la comunidad científica por cuestiones de la crisis de 1982; fue creado para reconocer la labor de las personas dedicadas a producir conocimiento científico y tecnología, además se fundó como un mecanismo que contribuye a la formación y consolidación de investigadores de excelencia con conocimientos científicos y tecnológicos del más alto nivel; fue instaurado con el objeto promover y fortalecer, a través de la evaluación, la calidad de la investigación científica y tecnológica, y la innovación que se produce en el país.

El reconocimiento a labor de investigación se otorga a través de la evaluación por parte de comisiones dictaminadoras integradas por pares, por cada una de las áreas del conocimiento<sup>2</sup>, estas tienen por objeto evaluar, la calidad académica, la trascendencia y el impacto del trabajo de investigación científica y tecnológica, la docencia y la formación de recursos humanos. Entendiendo como

---

<sup>2</sup> Área I: Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra, Área II: Biología y Química; Área III: Biología y Química; Área IV: Humanidades y Ciencias de la Conducta; Área V: Ciencias Sociales; Área VI: Biotecnología y Ciencias Agropecuarias y Área VII: Ingenierías.

productos de la investigación científica y tecnológica: artículos, libros, capítulos de libros, patentes, desarrollos tecnológicos, innovaciones y Transferencias tecnológicas; docencia y formación de recursos humanos: dirección de tesis profesionales y postgrado terminadas, impartición de cursos en licenciatura y postgrado y formación de investigadores y de grupos de investigación.

El reconocimiento o la distinción, simbolizan la calidad y prestigio de las contribuciones realizadas por el investigador al fortalecimiento de la investigación científica o tecnológica del país, dicho reconocimiento es público y lo otorga el gobierno federal a través del SNI, la distinción que otorga el SNI depende del resultado de la evaluación previa y se clasifica en tres categorías: I. Candidato a Investigador Nacional; II. Investigador Nacional, con tres niveles y III. Investigador Nacional Emérito. Aunado a la distinción el SNI puede otorgar estímulos económicos por cada uno de las categorías y niveles anteriormente mencionados, el monto de dicho estímulo puede variar entre 4 y 15 salarios mínimos mensuales, es decir entre 8 mil y 32 mil pesos mensuales, exentos de pago de impuesto sin tomar consideración los ingresos por concepto de salario, compensaciones y/o otras prestaciones que tenga derecho el investigador por parte de la IES de adscripción. Sin embargo para recibir dicho estímulo económico el investigador debe de tener un contrato en una Institución de Educación superior (IES) con al menos un mínimo de 20 horas a la semana de investigación.

Por último es importante mencionar que la distinción y el estímulo económico no son permanentes, salvo la distinción de Investigador Emérito Nacional la cual es vitalicia, la vigencia para el resto depende del tipo de categoría, para Candidato su validez será de tres años con derecho a prórroga de dos años más, para Investigador Nacional nivel I tiene una duración de tres años, de cuatro para el nivel II y de cinco años para el nivel III.



### 1.3. Publicar y enseñar o salir del SNI.

Según (Craswell, 1986), la productividad científica es el grado con que los académicos se comprometen con su propia investigación, la publicación de artículos científicos en revistas indexadas, impartir conferencias en congresos, escribir un libro o un capítulo, recolectar y analizar evidencia original, trabajar con estudiantes postgraduados en proyectos en clase, obtener patentes y licenciamientos, obtener financiamiento, diseñar desarrollos experimentales, producir trabajos de una naturaleza artística o creativa con la participación en debates y comentarios públicos; en otras palabras la productividad científica se puede describir como un proceso de insumo-producto (input-output), los insumos consisten en recursos financieros y humanos (financiamiento, becas, salarios, investigadores, estudiantes de postgrado, entre otros), y los productos, son todos los resultados derivados del proceso de la investigación de un académico, aunque son más complejos de describir, existen tangibles (patentes, publicaciones, libros, presentaciones en congresos, etc) e intangibles (consultoría, madures del conocimiento, etc). Sin embargo no todos los resultados de la actividad científica son empleados para medir el desempeño de un investigador o de una IES, existen al menos tres medidas clásicas para dicho objetivo, conteo de publicaciones, conteo de citas y ranking de pares o universidades. No obstante la medida que se usa para evaluar las contribuciones de un investigador a la ciencia y que además tiene mayor peso para la toma de decisiones en contrataciones, permanencia y promoción de un investigador es el número de publicaciones en revistas académicas específicas.

Esta dinámica ha conducido a nivel global una presión por publicar y hacerlo de manera rápida y constante para garantizar el éxito de cualquier investigador; lejos de analizar las causas negativas o prácticas indeseables que esta presión ha propiciado en la vida académica, tales como realizar estudios triviales para obtener resultados rápidos, reportar estudios más de una vez, fraudes e inclusión de autores que no contribuyeron en nada a la investigación (Angell, 1986), nuestro estudio, se limita, sólo a analizar los efectos de dicha presión a los investigadores por permanecer a un sistema de reconocimiento y estímulos económicos por su labor en la investigación.

Para entender que significa el SNI para los investigadores mexicanos, además del prestigio que confiere el recibir el nombramiento en algún de los cuatro niveles del sistema; desde el punto de vista económico significa incremento salarial, es decir, en México según (Maldonado, 2010) los salarios de los profesores en las IES mexicanas en 2009, oscilaban entre \$4800 a \$31000 en instituciones públicas y en las privadas de \$5276 a \$ 54104, y los investigadores con categoría de Profesor Investigador de Tiempo Completo su salario oscilaba entre \$11971 a \$21356 en el sector público mientras que en el privado de \$13325 a \$27764 en promedio, y si consideramos que en el 2009 el salario mínimo fue \$54.8<sup>3</sup>, y que el monto del estímulo que otorga el SNI en forma de beca oscila entre 4 y 15 salarios mínimos mensuales, el monto del apoyo asciende de \$ 6576 a \$24660 mensuales, lo que se traduce en un ingreso extra para el investigador con categoría más baja del 54 al 200% de su salario, mientras que para la categoría más alta el estímulo representa del 30 a 115% de su salario mensual, pero obviamente el conseguirlo no es tan fácil, sí el investigador desea incrementar sus ingresos lo puede hacer de forma institucional con una recategorización o mediante el SNI con el estímulo económico, en ambos casos el investigador se debe someter a una evaluación por pares que determina la cantidad y calidad de sus contribuciones al conocimiento y acorde con ello se dictamina su categoría en la IES de adscripción o nivel en el SNI, claro que la frecuencia con que se publican las convocatorias para promoción en las IES depende de los recursos económicos autorizados de la institución para ese fin, en algunas instituciones pueden pasar años y un investigador no tiene un crecimiento económico al subir peldaños en el tabulador de la IES, mientras que en el SNI la convocatoria es anual, lo que permite al investigador escalar con relativa facilidad los niveles del sistema e incrementar sus ingresos mensuales, ya que los recursos son de origen federal y no institucional.

La presión por publicar, se suscita por primera vez cuando el investigador ingresa al sistema, por segunda ocasión para mantenerse en el sistema y posiblemente una tercera si ocurre una baja y se solicita una reincorporación al sistema. La presión depende de la cantidad mínima de artículos publicados por nivel, la cual depende del área del conocimiento del SNI (ver tabla 1.1), en el mejor de los

---

<sup>3</sup> Ver: [http://www.conasami.gob.mx/pdf/tabla\\_salarios\\_minimos/2009/01\\_01\\_2009.pdf](http://www.conasami.gob.mx/pdf/tabla_salarios_minimos/2009/01_01_2009.pdf)

casos, en algunas áreas se tiene una certeza del número mínimo de publicaciones pero en otras la cantidad depende del juicio de la comisión dictaminadora y la presión por publicar se incrementa; en la mayoría de las áreas se ingresa al nivel más bajo con una publicación como autor principal, y para mantenerse y avanzar en los sucesivos niveles 5 artículos en un promedio de 3 años.

| ÁREA  | NIVEL  |                         |                       |                                   |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
|   | CANDIDATO                                      | I                       | II                    | III                               |
| I: Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra | No esp.  | No esp.                 | No esp.               | No esp.                           |
| II: Biología y Química                        | 2 (autor principal)<br>o<br>2 o 3 (coautor)    | 1 por año<br>(promedio) | 15-25<br>4 en 3 años. | 15-25<br>(con 350 citas promedio) |
| III: Medicina y Ciencias de la Salud          | No esp.  | No esp.                 | No esp.               | No esp.                           |
| IV: Humanidades y Ciencias de la Conducta     | 1 (autor principal)<br>o más de 1<br>(coautor) | 5                       | No esp.               | No esp.                           |
| V: Ciencias Sociales                          | 1 (autor principal)<br>o<br>2 (coautor)        | 5                       | 5                     | 5                                 |
| VI: Biotecnología y Ciencias Agropecuarias    | 1 (autor principal)                            | No esp.                 | No esp.               | No esp.                           |
| VII: Ingenierías                              | No esp.  | No esp.                 | No esp.               | No esp.                           |

Fuente: Elaboración propia con datos de CONACYT 2015.

Tabla 1.1. Publicaciones mínimas para el ingreso por área del SNI.

Lo anterior no tendría problema alguno, si los investigadores se dedicaran de tiempo completo a la investigación, pero los profesores dentro de una universidad, deben administrar sus tiempos para desempeñar dos actividades al mismo tiempo: investigar y enseñar. Acorde con las teorías emergente económicas según Melguizo y Strober (2007) los investigadores son recompensados económicamente por aumentar su productividad y con ello aumentar su prestigio y al mismo tiempo el de la universidad, lo que tiene como consecuencia que los profesores dediquen más tiempo para aumentar su productividad, que a las actividades de docencia. En otras palabras los sistemas de reconocimiento inducen al investigador a despreciar actividades como la enseñanza, asesorías y tutoría, actividades importantes de su misión la educación superior debido que invertir más tiempo en las actividades de docencia u otras actividades no tienen un gran peso para decisiones de aumento de en el salario (U Backes-Gellner, 2008).

#### 1.4. Determinantes de la Productividad.

##### Género.

Desde que se inició el interés por medir los determinantes de la productividad, el género fue una de las primeras variables a estudiar y desde entonces los resultados indicaban que los hombres eran más productivos que las mujeres. Babcook & Bates 1962 con una muestra de 262 sociólogos encontró que las mujeres tienen una tasa más baja de productividad, Austin (1969) apoyado con una encuesta del American Council on Education indica que el 26% de las mujeres y sólo el 10% de los hombres nunca han publicado en una revista académica especializada. Cole, J.R & Zuckerman, (1984) con un estudio a 256 científicos encontró que los hombres fueron los más productivos, en promedio el hombre publica de 40 a 50% más artículos que su contraparte femenina. Kyvik (1990a; 1990b) utilizó una encuesta realizada por Franklin (1988) quien estudió investigadores en la Comunidad Económica Europea, en el estudio encontró que las mujeres investigadoras publican en promedio cinco artículos en un periodo de tres años en contraste con ocho artículos por los investigadores masculinos. Stack (2004) con datos obtenidos en 1995 por el National Research Council a una encuesta a 11231 investigadores en ciencias e ingeniería quienes trabajaban en la academia, él encontró que las mujeres continúan publicando significativamente menos que los hombres, y en las ciencias sociales en donde existe una mayor concentración de mujeres, el género no está relacionado con la productividad, sin embargo las mujeres con hijos jóvenes tienen una producción relativamente baja.

##### Edad.

Los efectos de la edad en la productividad científica es uno de los temas más desarrollados por los economistas y sociólogos, Lehman (1953) con su estudio pionero en el tema encontró evidencia que los principales hallazgos de los científicos ocurren a los 30's o 40's, es decir él sugirió que los jóvenes son quienes tienen más hallazgos importantes y por tanto la edad se correlaciona negativamente con la productividad. Pelz & Andrews (1966) con datos de 1300 científicos e ingenieros encontraron que la máxima productividad fue alcanzada durante las edades de 35 a 44 y 50 a 54. Bayer y Dutton (1977) estudiaron una

muestra representativa de científicos académicos en Estados Unidos en 7 campos de la ciencia, en 5 de 7 casos se observó una función obsolescencia entre la edad y los artículos publicados, en esta función se presentan dos picos, uno al décimo años de carrera (30-40años) y el segundo próximo a la edad de jubilación (50 años). Cole (1979) analizo una muestra representativa de investigadores académicos en seis disciplinas, con los artículos publicados entre 1965 a 1969 y sus respectivas citas, los resultados indican que existe una relación curvilínea entre productividad y edad, así mismo encontró que existe un incremento de la productividad a los 30's y este empieza a caer después de los 50's, debido al sistema de reconocimientos científicos, es decir, aquellos científicos que reciben premios son más productivos en una etapa posterior a su carrera. González-Brambila & Veloso (2007), con la muestra de los investigadores mexicanos pertenecientes al SIN del periodo de 1991 al 2002, encontraron que existe una relación directa entre la edad y la productividad y que a diferencia de otros investigadores en otros países estos tienen un desempeño más prolongado, reportando una edad máxima de productividad a los 53 años.

Tamaño de la IES.

Un punto importante para determinar los efectos de la productividad a nivel departamental o institucional es el tamaño del mismo, es fácil pensar que entre más grande mejor, mayor poder, más capacidad de investigación, más capital humano, etc, sin embargo, no es así de simple, cuestiones como el control y el gobierno de las universidades podrían ser factores que compliquen la productividad. Walker et al (1966, 1973) con datos de 60 equipos de investigación en tres áreas especializadas en física aplicada concluyeron que para estos equipos no existe un efecto positivo en el desempeño con el tamaño del grupo, por lo mismo no existe una evidencia de un tamaño óptimo. Behymer (1974) estudió la productividad en investigación en un lapso de cuatro años en colegios y en universidades<sup>4</sup> y encontró que las facultades en las universidades publican más que los colegios. Jordan et, al (1988) examinaron la relación entre

---

<sup>4</sup> En Estados Unidos de América un Colegio es una institución de educación superior que puede ser independiente o ser una parte de una universidad (por ejemplo Facultad de medicina) y una Universidad es más grande y más independiente que un colegio, y es más propensa a ofrecer cursos postgrado.

productividad y el tamaño de la facultad en instituciones públicas y privadas de Estados Unidos de América, para medir la productividad de la facultad ellos utilizaron el promedio de publicaciones por facultad y con esto ellos encontraron en primer lugar que las instituciones privadas tienen mayor promedio de productividad también encontraron que existe una relación positiva entre el tamaño y la productividad, pero esta tiende a desaparecer cuando el tamaño incrementa. En ese mismo año Crewe I. analizó la productividad en facultades de política en 52 universidades del Reino Unido de 1978 a 1984, él encontró que existe una fuerte variación de las tasas de productividad entre facultades, él sugiere que estas diferencias son resultado de las diferencias en recursos y oportunidades de investigación entre facultades.

#### 1.5. Datos y Método.

Los datos conciernen a dos décadas de investigación científica mexicana, para lo cual se empleó una base de datos de las publicaciones y citas de todos los artículos científicos que al menos tengan un autor con dirección en México, publicados en el periodo de 1991 al 2011, incluidos en el Science and Social Sciences Citation Index desarrollados por el Institute of Scientific Information (ISI)(ISI, 2012) hoy Thomson Reuters web of Knowledge. Adicionalmente, con una base de datos personales de 27, 667 investigadores mexicanos en todas las áreas del conocimiento, que han sido parte del SNI al menos un año de 1991 a 2011. Se realizó un Match entre ambas bases generando una base con los siguientes datos:

- Nombre.
- Género.
- Edad.
- IES de adscripción.
- Área del conocimiento de la especialidad
- País de obtención del doctorado.
- Publicaciones y citas obtenidas de 1991 a 2011.

Con esta base de datos, se registraron 559 IES con al menos un artículo a nivel institución del periodo de 1991 a 2011, de las cuales 386 son instituciones nacionales y 372 internacionales, con respecto a las nacionales 114 son privadas

y 242 se carácter público. De las IES nacionales, el sector público se conforma por 117 universidades, 7 centros de investigación, 26 centros CONACYT, 80 entidades de gobierno y 12 institutos nacionales de salud; en tanto al sector privado son 40 Universidades 4 centros de investigación, 69 empresas y 27 asociaciones civiles y por último a nivel internacional 323 universidades, 30 empresas 10 entidades gubernamentales y 3 asociaciones civiles.

#### 1.5.1. Consideraciones Metodológicas.

##### Ranking.

Para desarrollar el ranking de las 100 IES tanto más productivas como con más citas, se eliminaron todas aquellas instituciones que no tienen como misión la educación superior, esto con el objeto de estudiar aquellas instituciones con una actividad docente y de investigación al mismo tiempo, es por esto que las empresas, entidades gubernamentales y asociaciones civiles fueron eliminados de este ranking quedando 199 IES, de las cuales 149 son públicas y 47 privadas. Para evitar duplicidad en el conteo de las publicaciones por lugar de adscripción, sólo se tomara como un artículo por IES cuando este tenga más de dos autores de una misma institución, y por último la cantidad total de artículos por IES es la sumatoria de todos los artículos publicados de 1991 al 2011. Para el caso del ranking de citas simplemente es la sumatoria de las citas recibidas por cada artículo publicado por la IES en el mismo periodo. Para el caso del ranking de los 100 autores más productivos y citados, se contabilizo todas las publicaciones y citas en el periodo de 1991 al 2011.

##### Tamaño y clasificación de la IES.

Como no existe una clasificación adecuada de las IES mexicanas que proporcionen un patrón de referencia único para quienes realizan estudios y análisis de la educación superior, y los existentes de acuerdo a Galaz (1998) (Grediaga Kuri, 2006) no favorecen a una simple y clara descripción del sistema de educación superior, debido al uso de criterios inadecuados en su elaboración, lo que dificulta la comparación entre IES, es por esto, que se elaboró una base de datos para determinar el tamaño de la IES, en esta se consideraron cinco

datos sobre las mismas, Matricula, Numero de profesores de tiempo completo (PTC), Número de Miembros del SNI, Programas Académicos y el número de programas de posgrado pertenecientes al programa nacional de posgrado de calidad PNPC<sup>5</sup>, este último se tomara como patrón de referencia para clasificar a las IES en dos grupos, si el número es alto entonces será una IES perteneciente al grupo de las IES fuertemente orientada a la investigación y sí por el contrario el número es bajo o nulo entonces la IES pertenece al grupo de las Instituciones orientadas a la docencia; todos estos datos solo se tomaron al año de 2011 de la página de internet Execum<sup>6</sup> de la Coordinación de Planeación, Presupuesto y Evaluación de la UNAM, debido a que solo existe información del 2007 a la fecha.

#### 1.6. Resultados.

Se obtuvo información de 146,066 artículos publicados por investigadores mexicanos, de los cuales 122,406 fueron escritos por al menos un investigador que formo parte del SNI, lo que representa el 83 % de las publicaciones nacionales, pero sólo el 53% (81,530) de esos artículos recibieron al menos una cita.

La producción anual promedio de los miembros del SNI se muestra en la figura 1.1 en esta se observa que año tras año tiene un incremento importante, con respecto al género se puede observar que los hombres producen más que las mujeres, los hombres contribuyeron con el 75% y las mujeres con el 25% del total de las publicaciones. Sin embargo el promedio anual en un periodo de 21 años para los hombres es de 0.555 artículos mientras que para las mujeres de 0.386 artículos por año, una diferencia 0.169 artículos por año.

---

<sup>5</sup> El *Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC)* forma parte de la política pública de fomento a la calidad del posgrado nacional que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Subsecretaría de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública han impulsado de manera ininterrumpidamente desde 1991.

<sup>6</sup> Ver <http://www.execum.unam.mx/>



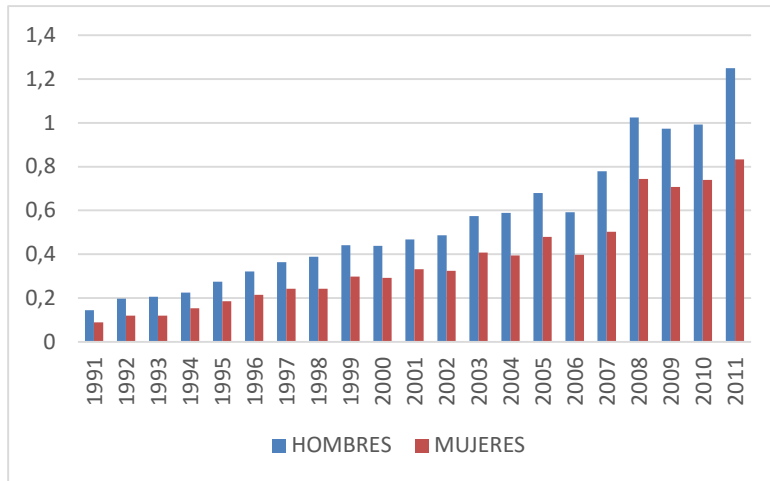


Fig. 1.1. Promedio anual de publicaciones por género.

Al igual que los trabajos de Bayer y Dutton (1977), Cole (1979) quienes encontraron un segundo pico de productividad después de los 50's, se encontró que los investigadores mexicanos tienen su máxima productividad después de los 50 años, como se puede ver en la figura 1.2, los investigadores que han pertenecido al SNI alcanzan en promedio su máxima productividad a los 56 años de edad, mientras que por género las mujeres alcanzan su máximo antes que los hombres a los 52 años mientras que los hombres a los 57 años de edad.

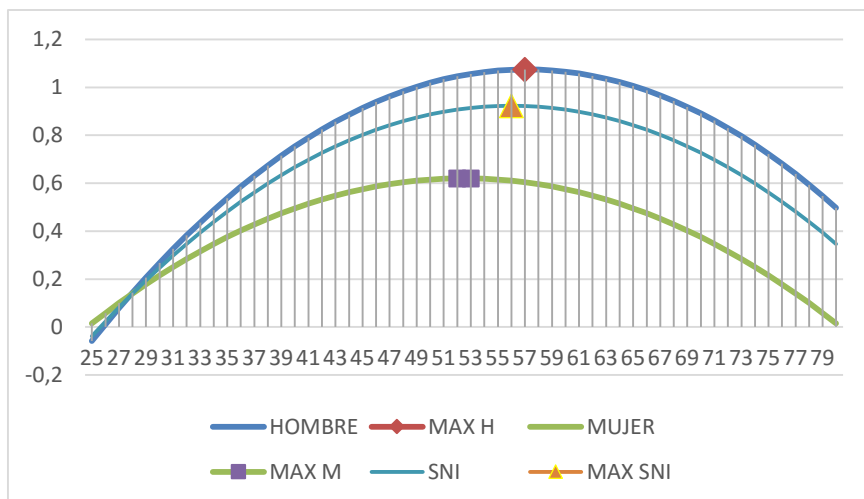


Fig. 1.2 Edad máxima de productividad de los miembros del SNI

Otro resultado de nuestro análisis muestra un crecimiento sostenido de los artículos realizados por los investigadores mexicanos a lo largo de las dos

décadas de estudio (figura 1.3), en los artículos que involucran una cooperación entre colegas a nivel nacional, de 1046 artículos en 1991 a 6645 en 2011, al mismo la colaboración con investigadores de otros países se incrementó de 522 artículos en 1991 a 5041 en 2011, mientras que los artículos publicados por un solo autor presentaron un pequeño incremento en estas dos décadas al pasar de 344 artículos publicados en 1991 a 898 en 2011; en términos porcentuales para el 2011 la colaboración nacional represento el 52.% de los artículos publicados, mientras que la internacional el 40% mientras que los artículos con un solo autor representaron tan sólo el 7%. Es importante recalcar que el número de autores por artículo también se ha incrementado de forma considerable a lo largo de estos 21 años de estudio al pasar de un promedio de 3.33 autores por artículo a 26 coautores en el 2011, un número alto debido a que en ese mismo año, existieron 10 artículos con más de 2000 autores en el área de física, lo cual aumento el promedio de coautoría.

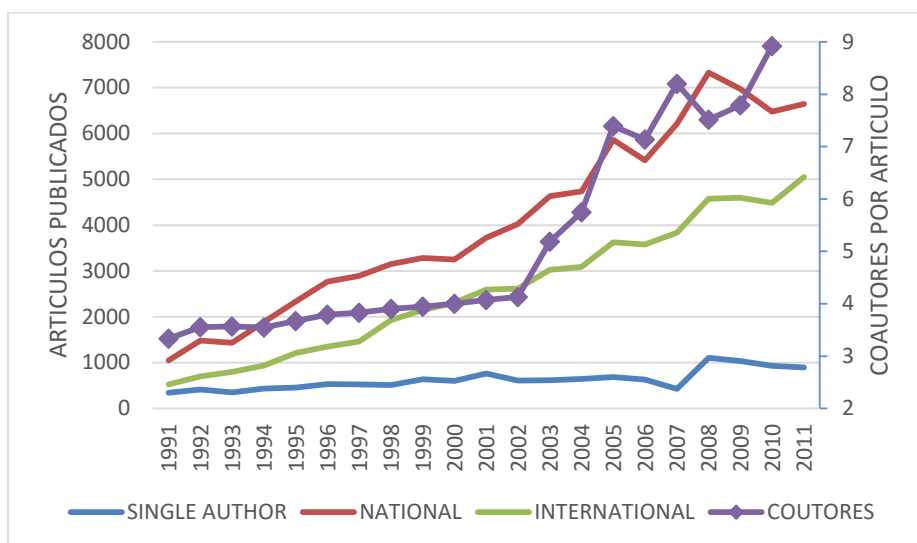


Fig. 1.3 Publicaciones anuales por tipo de colaboración.

En este sentido la producción promedio anual por investigador (figura 1.4) también ha sufrido un incremento a lo largo del tiempo, la producción nacional inicio 0.07 artículos por año en 1991 y en 2011 aumento a 0.62 artículos por año, mientras tanto la producción internacional paso de 0.02 artículos por año a en 1991 a 0.356 artículos por año en 2011, y por último los artículos de un solo autor se mantuvo sin cambio con un promedio de 0.02 artículos por año. Lo anterior

significa que un investigador al 2011 puede producir un artículo con coautoría nacional en aproximadamente un año y medio, un artículo en casi tres años y más de diez años para un artículo sin coautoría.

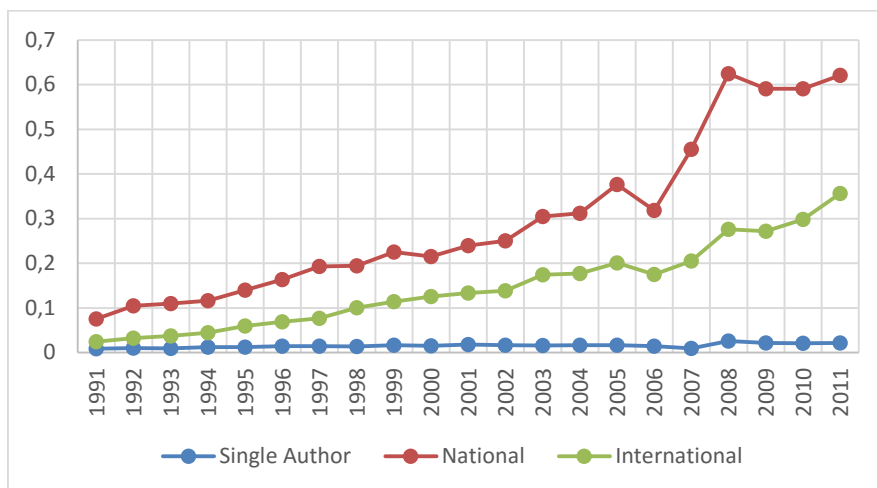


Fig. 1.4 Producción promedio anual de artículos por coautoría.

Así como Hadjinicola y Soteriou 2005, afirman que la productividad de la investigación en las instituciones académicas se refleja en el número y calidad de los artículos publicados en cada una de estas, y con el propósito de observar que tan cargada esta una IES a la investigación o a la docencia, la tabla 1.2 y 1.3 se observa la posición de las universidades dentro de un ranking de publicaciones y de citas respectivamente, en ambas tablas conforme una IES se ubique en los primeros lugares indica que está más orientada a la investigación y conforme se desciende en las tablas significa que la IES está más cargada a la docencia. Los resultados muestran que 10 universidades son las más productivas y a su vez cuentan con el mayor número de citas, 4 de ellas son Federales y las seis restantes son estatales, y todas tienen un gobierno autónomo a excepción del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

La tabla 1.2 muestra el ranking nacional de las 100 IES con más publicaciones de 1991 al 2011, en esta se puede observar que la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) tiene el liderato con 45,397 publicaciones lo que representa un 37% de las publicaciones, en segundo lugar se encuentra en Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV) con

14,168 publicaciones es decir una contribución del 11.5 %, en tercer lugar se encuentra el Instituto Politécnico Nacional con 8,809 artículos lo que representa una contribución del 7.1%, en cuarto lugar la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) con 8,271 publicaciones lo que equivale al 6.75% del total, en quinto lugar la Universidad de Guadalajara (UDG) con 3975 artículos equivalente al 3.24% del total nacional, en sexto lugar se encuentra la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) con 3,921 artículos lo que representa el 3.2% del total nacional, en séptimo lugar la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) con 3728 publicaciones equivalentes al 3.1% del total, en octavo lugar la Universidad de Guanajuato (UGTO) con 2953 artículos con una representación del 2.4% nacional, en noveno lugar la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) con 2,865 artículos equivalente al 2.3%, en décimo lugar el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) con 2,751 publicaciones representando el 2.2% nacional en contraste en el lugar 100 se ubica el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE) con tan sólo 26 publicaciones lo que equivale al 0.021% de la producción nacional. En resumen sólo dos instituciones tienen más de 10mil artículos, del tercer lugar al décimo se encuentran en el rango de 3mil a 9mil artículos mientras que del lugar 14 al 27 tienen un rango de 1000 a 2000 mil publicaciones y el resto (73 IES) está por debajo de los mil artículos publicados.

Tabla 1.2. Top 100 IES ARTÍCULOS 1991-2011

| RANK | IES       | PUBS  | RANK | IES     | PUBS | RANK | IES     | PUBS |
|------|-----------|-------|------|---------|------|------|---------|------|
| 1    | UNAM      | 45397 | 36   | CICATA  | 737  | 71   | CIESAS  | 99   |
| 2    | CINVESTAV | 14168 | 37   | IBERO   | 635  | 72   | UAn     | 98   |
| 3    | IPN       | 8809  | 38   | CIMAT   | 621  | 73   | UPP     | 96   |
| 4    | UAM       | 8271  | 39   | CIQA    | 544  | 74   | DGIT    | 83   |
| 5    | UDG       | 3975  | 40   | COLMEX  | 538  | 75   | UNICAH  | 82   |
| 6    | UANL      | 3921  | 41   | UAT     | 511  | 76   | ITESO   | 80   |
| 7    | BUAP      | 3798  | 42   | UAAAN   | 487  | 77   | UABJO   | 78   |
| 8    | UGTO      | 2953  | 43   | UACH    | 473  | 78   | CIDESI  | 65   |
| 9    | UASLP     | 2865  | 44   | ITAM    | 464  | 79   | UDEFA   | 64   |
| 10   | INAOE     | 2751  | 45   | UAA     | 402  | 80   | UAm     | 63   |
| 11   | UAEM      | 2718  | 46   | UABCS   | 395  | 81   | DGETA   | 62   |
| 12   | UMICH     | 2352  | 47   | UJED    | 365  | 82   | UPN     | 60   |
| 13   | CICESE    | 2343  | 48   | UADEC   | 359  | 83   | CIATEC  | 58   |
| 14   | USON      | 1887  | 49   | UPAEP   | 351  | 84   | UPEMOR  | 55   |
| 15   | COLPOS    | 1815  | 50   | UACM    | 340  | 85   | COMIMSA | 54   |
| 16   | CIBNOR    | 1623  | 51   | UACAM   | 332  | 86   | USALLE  | 47   |
| 17   | ITESM     | 1611  | 52   | UJAT    | 324  | 87   | UDO     | 44   |
| 18   | UV        | 1555  | 53   | UATX    | 318  | 88   | ENAH    | 44   |
| 19   | INECOL    | 1528  | 54   | UACJ    | 300  | 89   | UNISTMO | 44   |
| 20   | UABC      | 1486  | 55   | CIDE    | 249  | 90   | CESUES  | 41   |
| 21   | CIO       | 1445  | 56   | CIDETEQ | 248  | 91   | UPSLP   | 41   |
| 22   | UAEMEX    | 1287  | 57   | CIATEJ  | 236  | 92   | UPV     | 37   |
| 23   | ECOSUR    | 1208  | 58   | COLEF   | 212  | 93   | COLMICH | 35   |
| 24   | UAEH      | 1203  | 59   | UAN     | 185  | 94   | UDEM    | 35   |
| 25   | CIAD      | 1136  | 60   | UAGRO   | 185  | 95   | MARISTA | 29   |
| 26   | UAQ       | 1127  | 61   | UTM     | 164  | 96   | UCEM    | 28   |
| 27   | UADY      | 1077  | 62   | ITSON   | 161  | 97   | UPPue   | 28   |
| 28   | UCOL      | 970   | 63   | UP      | 149  | 98   | UPTLAX  | 27   |
| 29   | IPICYT    | 919   | 64   | UMAR    | 142  | 99   | FLACSO  | 26   |
| 30   | UDLAP     | 884   | 65   | UNACAR  | 137  | 100  | TESE    | 26   |
| 31   | UAS       | 851   | 66   | UNPA    | 133  |      |         |      |
| 32   | CICY      | 843   | 67   | UNACH   | 123  |      |         |      |
| 33   | UAZ       | 840   | 68   | UAG     | 114  |      |         |      |
| 34   | UACH      | 788   | 69   | CIATEQ  | 111  |      |         |      |
| 35   | CIMAV     | 761   | 70   | UVM     | 109  |      |         |      |

En la tabla 1.3 se muestran las 100 IES con más citas recibidas en sus artículos publicados, en esta se observa que los 10 IES que ocupan los primeros lugares son los mismos en los primeros 10 lugares en el ranking de publicaciones; la UNAM ocupa el primer lugar con 459426, el CINVESTAV en segundo lugar con 127,879 citas, seguido por la UAM en tercer lugar (cuarto lugar en publicaciones) con 63,951 citas, en cuarto lugar el IPN (tercer lugar en publicaciones) con 57,316 citas, en quinto lugar la BUAP (séptimo lugar en publicaciones) con 28520 citas, en sexto lugar el INAOE (décimo en publicaciones) con 25,417 citas, en séptimo lugar la UGTO (octavo en publicaciones) con 24,456 citas, en octavo lugar la UANL (sexto en publicaciones) con 24,214 citas, la UADG en noveno lugar (quinto en publicaciones) con 22,249 citas y por último en décimo lugar la

UASLP (noveno en publicaciones) con 21,186 citas y en esta caso el lugar 100 lo ocupa la Universidad Politécnica de San Luis Potosí ( UPSLP, posición 91 en publicaciones) con 110 citas y el TESE lugar 100 en publicaciones ahora ocupa el lugar 94 con 152 citas.

Tabla 1.3. TOP 100 IES CITAS 1991-2011

| RANK | IES       | CITAS  | RANK | IES     | CITAS | RANK | IES      | CITAS |
|------|-----------|--------|------|---------|-------|------|----------|-------|
| 1    | UNAM      | 459426 | 36   | IBERO   | 3865  | 71   | UNPA     | 458   |
| 2    | CINVESTAV | 127879 | 37   | CICATA  | 3608  | 72   | UNACAR   | 443   |
| 3    | UAM       | 63951  | 38   | UACH    | 3350  | 73   | UPEMOR   | 434   |
| 4    | IPN       | 57316  | 39   | ITAM    | 2967  | 74   | UPTLAX   | 395   |
| 5    | BUAP      | 28520  | 40   | UABCS   | 2892  | 75   | UIIM     | 367   |
| 6    | INAOE     | 25417  | 41   | CIQA    | 2844  | 76   | UPP      | 365   |
| 7    | UGTO      | 24456  | 42   | UADEC   | 2746  | 77   | CIESAS   | 350   |
| 8    | UANL      | 24214  | 43   | UAT     | 2654  | 78   | UTM      | 346   |
| 9    | UDG       | 22249  | 44   | UACH    | 2524  | 79   | CIATEQ   | 343   |
| 10   | UASLP     | 21186  | 45   | UPAEP   | 2308  | 80   | CENIDET  | 328   |
| 11   | UAEM      | 20182  | 46   | UATX    | 2124  | 81   | UDO      | 293   |
| 12   | CICESE    | 19359  | 47   | COLEF   | 2057  | 82   | ITESO    | 272   |
| 13   | UMICH     | 17139  | 48   | UJED    | 1968  | 83   | CIDESI   | 251   |
| 14   | CIBNOR    | 13449  | 49   | UACM    | 1882  | 84   | MARISTA  | 250   |
| 15   | INECOL    | 12040  | 50   | UAA     | 1881  | 85   | UABJO    | 227   |
| 16   | USON      | 11373  | 51   | UAAAN   | 1761  | 86   | CIATEC   | 219   |
| 17   | CIO       | 10233  | 52   | UACAM   | 1755  | 87   | DGETA    | 210   |
| 18   | UV        | 9246   | 53   | UJAT    | 1552  | 88   | UPN      | 209   |
| 19   | ECOSUR    | 9117   | 54   | CIDETEQ | 1441  | 89   | USALLE-B | 200   |
| 20   | IPICYT    | 9097   | 55   | UAN     | 1381  | 90   | UNICAH   | 193   |
| 21   | CIAD      | 8835   | 56   | UVM     | 1280  | 91   | ENAH     | 191   |
| 22   | UAEH      | 8277   | 57   | UACJ    | 1150  | 92   | UDEM     | 181   |
| 23   | ITESM     | 8108   | 58   | CIDE    | 1042  | 93   | UCEM     | 179   |
| 24   | UABC      | 8101   | 59   | CIATEJ  | 962   | 94   | TESE     | 152   |
| 25   | UAS       | 7942   | 60   | UP      | 905   | 95   | USALLE   | 129   |
| 26   | UAQ       | 7713   | 61   | DGIT    | 889   | 96   | UTSJR    | 126   |
| 27   | COLPOS    | 7003   | 62   | UAG     | 834   | 97   | CESUES   | 125   |
| 28   | UADY      | 6291   | 63   | ITSON   | 829   | 98   | UPA      | 120   |
| 29   | CICY      | 6015   | 64   | COLMEX  | 642   | 99   | DGECyTM  | 110   |
| 30   | UCOL      | 5877   | 65   | UDEFA   | 636   | 100  | UPSLP    | 110   |
| 31   | UDLAP     | 5691   | 66   | UNACH   | 613   |      |          |       |
| 32   | UAZ       | 5409   | 67   | UAn     | 574   |      |          |       |
| 33   | CIMAT     | 5220   | 68   | UMAR    | 551   |      |          |       |
| 34   | UAEMEX    | 5127   | 69   | UAGRO   | 548   |      |          |       |
| 35   | CIMAV     | 4077   | 70   | UAm     | 491   |      |          |       |

Los 100 autores con más publicaciones de 1991 a 2011 se muestran en la tabla 1.4; en esta se observa que el autor con más publicaciones (399) es Hernández Sánchez Alberto con adscripción al CINVESTAV, en segundo lugar Castaño Meneses Víctor con 343 publicaciones con adscripción a la UNAM, en tercer

lugar se ubica Castilla Valdez Heriberto del CINVESTAV con 316 publicaciones y en cuarto lugar se encuentra Toscano Rubén Alfredo perteneciente a la UNAM; desde un punto de vista institucional lo que se aprecia en esta tabla es lo siguiente: 42 de los investigadores más productivos se encuentran en la UNAM, 21 en el CINVESTAV, 8 en la UAM, 3 en el IPN, 3 en la UDG, 3 en la UANL, 2 en la UGTO, 2 en el INAOE, 1 en la UASLP, 1 en la BUAP; estas 10 IES son las 10 primeras en el ranking de publicaciones, el resto de los autores 12 autores más productivos se reparte en 10 IES.

En la tabla 1.5 se muestran los 100 autores con más citas en el periodo de estudio, en esta se puede observar que el investigador con más citas (37401) es el investigador Rodríguez Jorge Luis Felipe de la UNAM, de esta misma universidad, en segundo lugar con 32658 citas se encuentra Collado Vides Pedro, en tercer lugar de la misma IES y con 32139 citas se ubica Erler Weber Jens Paul; de un punto de vista IES, la UNAM cuenta con 63 investigadores de los 100 más citados, el CINVESTAV con 19, la UAM con 4, el INAOE con 4, el IPN, UDG, UANL, y BUAP con un investigador respectivamente, los otros 5 investigadores pertenecen a otras 5 IES. Es importante observar que en este caso los investigadores con más citas no son necesariamente los que tiene más publicaciones.

En la tabla 1.6 se muestra el promedio anual de los ingresos y bajas de los investigadores al SNI, la tabla esta ordenada de forma ascendente conforme  $\Delta$ SNI (altas-bajas), la columna de Impacto es el porcentaje que representa las bajas con respecto al número de investigadores (SNIS) y la columna de Rank es la posición dentro de las 100 IES más productivas; como se puede observar en la tabla, las instituciones con un  $\Delta$ SNI bajo son aquellas que se encuentran en los últimos lugares del Ranking de publicaciones, además que en la mayoría de los casos el impacto en estas IES es mayor; por ejemplo el lugar 100 que ocupa el TESE en publicaciones, a lo largo de los 21 años de estudio en promedio ha tenido 1 alta por año y 1.13 bajas por lo que tiene el  $\Delta$ SNI más bajo de todas las IES de -0.13 y sus bajas representan el 26% de total de sus investigadores; en el otro lado, la UNAM con el primer lugar de publicaciones tiene un promedio de 240 altas por año y 100 bajas del sistema, con el  $\Delta$ SNI más alto de todas las instituciones de 139.25, y sus bajas representan tan sólo el 3.25 % de su total de

investigadores. En este sentido se puede observar que 8 de las 10 IES más productivas están en los últimos lugares de esta tabla (UNAM, IPN, UDG, UAM, UANL, CINVESTAV, UGTO y UASLP) y solo dos que no figuran dentro de estas ocupan los dos lugares restantes, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX).

Por último la tabla 1.7 muestra el tamaño de las IES con datos al 2011, está organizada por orden descendente conforme al número de programas de posgrado pertenecientes al PNPC, con el objetivo de mostrar la orientación de la IES a la investigación, en esta tabla se observa que la UNAM cuenta con el mayor número de programas de posgrado de calidad (135) con la mayor matrícula a nivel general de 204,581 alumnos, 4918 PTC y 3583 investigadores con distinción SNI, lo anterior hacen de la UNAM una Universidad con una fuerte tendencia a la investigación sin perder el objetivo de la docencia en estudios de licenciatura e ingenierías. En esta tabla se aprecia que la UDG es la segunda con más posgrados de calidad (81) con la tercer matrícula más grande de 92,451 alumnos con 3087 PTC y 662 SNIs, en tercer lugar con 73 posgrados se ubica el IPN con la segunda matrícula más grande de 100,452 alumnos con 4901 PTC y 662 SNIs, seguido por la UANL con 72 PNPC, la UAM con 63, el CINVESTAV con 56, el ITESM con 49, la UASLP con 42, la Universidad Veracruzana (UV) con 42 y la UAEMEX con 40 PNPC; de nueva cuenta 7 de las 10 IES con más publicaciones cuentan con más programas de posgrado de calidad; por el contrario las universidades que tiene un programa de posgrado o ninguno a la vez están ubicadas en los últimos lugares del ranking de las 100 IES con más publicaciones, lo que refleja que están enfocadas más a la docencia que a la investigación.



| RANK | NOMBRE                             | IES       | PUBS | RANK | NOMBRE                             | IES       | PUBS | RANK | NOMBRE                              | IES       | PUBS |
|------|------------------------------------|-----------|------|------|------------------------------------|-----------|------|------|-------------------------------------|-----------|------|
| 1    | SANCHEZ HERNANDEZ, ALBERTO         | CINVESTAV | 399  | 36   | VILLALON HERRERA, CARLOS MIGUEL    | CINVESTAV | 147  | 71   | ALVAREZ TOLEDANO, CECILIO           | UNAM      | 119  |
| 2    | CASTAÑO MENESES, VICTOR MANUEL     | UNAM      | 343  | 37   | PAREDES LOPEZ, OCTAVIO             | CINVESTAV | 142  | 72   | HUGHES, DAVID HANDEL                | INAOE     | 118  |
| 3    | CASTILLA VALDEZ, HERIBERTO         | CINVESTAV | 316  | 38   | COELLO COELLO, CARLOS ARTEMIO      | CINVESTAV | 139  | 73   | ROSADO LORIA, JORGE LUIS            | UAQ       | 118  |
| 4    | TOSCANO, RUBEN ALFREDO             | UNAM      | 314  | 39   | SRI SUBRAHMANYA SARMA, SINGARAJU   | UNAM      | 139  | 74   | CASIMIRO LINARES, EDGAR             | DGEST     | 117  |
| 5    | DE LA CRUZ BURELO, EDUARD          | CINVESTAV | 305  | 40   | HERRERA CORRAL, GERARDO ANTONIO    | CINVESTAV | 134  | 75   | CANTO ILLA, JORGE DANIEL CARLOS     | UNAM      | 117  |
| 6    | RODRIGUEZ JORGE, LUIS FELIPE       | UNAM      | 298  | 41   | ZENTENO GALINDO, ARTURO EDGAR      | UNAM      | 134  | 76   | ROSU, HARET CODRATIAN               | IPICYT    | 117  |
| 7    | PODESTA LERMA, PEDRO LUIS MANUEL   | UAS       | 249  | 42   | SALAZAR IBARGUEN, HUMBERTO ANTONIO | BUAP      | 133  | 77   | PUIG AREVALO, JORGE EMILIO          | UDG       | 117  |
| 8    | POSSANI POSTAY, LOURIVAL DOMINGOS  | UNAM      | 246  | 43   | DENDOOVEN, LUC JULIEN JEROME       | CINVESTAV | 133  | 78   | ACOSTA NAJARRO, DWIGHT ROBERTO      | UNAM      | 116  |
| 9    | JOSEPH NATHAN, PEDRO               | CINVESTAV | 223  | 44   | FARFAN GARCIA, JOSE NORBERTO       | UNAM      | 133  | 79   | PAEZ OSUNA, FEDERICO                | UNAM      | 115  |
| 10   | RUIZ ARGUELLES, GUILLERMO JOSE     | UPAEP     | 222  | 45   | POZNIAK GORBATCH, ALEXANDER SEMION | CINVESTAV | 132  | 80   | HESS BECHSTEDT, PETER OTTO          | UNAM      | 115  |
| 11   | RAGA RASMUSSEN, ALEJANDRO CRISTIAN | UNAM      | 218  | 46   | REYES SANTOS, MARCO ANTONIO        | UGTO      | 131  | 81   | PARDO CEMO, ANNIE                   | UNAM      | 114  |
| 12   | ALVAREZ RAMIREZ, JOSE DE JESUS     | UAM       | 215  | 47   | VILLA ROMERO, ANTONIO RAFAEL       | UNAM      | 131  | 82   | KERSHENOBICH STALNIKOWITZ, DAVID    | UNAM      | 114  |
| 13   | BERNES FLOURIOT, SYLVAIN JEAN      | UANL      | 214  | 48   | JALBOUT TAPIA, ABRAHAM FOUAD       | USON      | 131  | 83   | CONTRERAS NUÑO, JESUS GUILLERMO     | CINVESTAV | 113  |
| 14   | LOPEZ GOERNE, TESSY MARIA          | UAM       | 192  | 49   | GOMEZ ALMAGUER, DAVID              | UANL      | 130  | 84   | SORIANO GARCIA, MANUEL              | UNAM      | 112  |
| 15   | JOSE YACAMAN, MIGUEL               | UANL      | 182  | 50   | BRAILOVSKY ALPEROWITZ, HARRY URAD  | UNAM      | 129  | 85   | TAMARIZ MASCARUA, JOAQUIN           | IPN       | 111  |
| 16   | YU MEI, JIANG                      | UAM       | 179  | 51   | ESPINOSA PAREDES, GILBERTO         | UAM       | 129  | 86   | SANTILLAN BACA, ROSA LUISA          | CINVESTAV | 111  |
| 17   | GOMEZ ROMERO, JOSE RICARDO         | UAM       | 178  | 52   | KLIKOVA BERESTNEVA, TATIANA        | UNAM      | 128  | 87   | ARMENDARIZ BORUNDA, JUAN SOCORRO    | UDG       | 111  |
| 18   | GONZALEZ HERNANDEZ, JESUS          | CINVESTAV | 177  | 53   | SANCHEZ MONDRAGON, JOSE JAVIER     | INAOE     | 126  | 88   | BARBOZA FLORES, MARCELINO           | USON      | 111  |
| 19   | ZELAYA ANGEL, ORLANDO              | CINVESTAV | 177  | 54   | DONG, SHIHAI                       | IPN       | 126  | 89   | VYSLOUKH ENISOVA, VICTOR ANDREEVICH | UDLAP     | 110  |
| 20   | PATHIYAMATTOM JOSEPH, SEBASTIAN    | UNAM      | 176  | 55   | DARSZON ISRAEL, ALBERTO            | UNAM      | 124  | 90   | MORELOS PINEDA, ANTONIO             | UASLP     | 110  |
| 21   | GAMBA AYALA, GERARDO               | UNAM      | 175  | 56   | HOPFL BACHNER, HERBERT             | UAEM      | 124  | 91   | FRIDMAN, LEONID                     | UNAM      | 110  |
| 22   | BOSCH GIRAL, PEDRO                 | UNAM      | 172  | 57   | CRUZ OREA, ALFREDO                 | CINVESTAV | 123  | 92   | BASHAN GORODENZIK, YOAV             | CIBNOR    | 109  |
| 23   | HERNANDEZ ORTEGA, SIMON            | UNAM      | 171  | 58   | GUTIERREZ JUAREZ, GERARDO          | UGTO      | 123  | 93   | GARCIA-COLIN SCHERER, LEOPOLDO      | UAM       | 109  |
| 24   | PEDRAZA CHAVERRI, JOSE             | UNAM      | 169  | 59   | CONTRERAS THEUREL, ROSALINDA       | CINVESTAV | 123  | 94   | KLIMOV, ANDREI BORISOVICH           | UDG       | 109  |
| 25   | TERRONES MALDONADO, HUMBERTO       | UNAM      | 169  | 60   | GONZALEZ RODRIGUEZ, JOSE GONZALO   | UAEM      | 123  | 95   | AVALOS BORJA, MIGUEL                | UNAM      | 109  |
| 26   | CARRILLO MORENO, SALVADOR          | IBERO     | 168  | 61   | MATA ESSAYAG, RACHEL               | UNAM      | 122  | 96   | LOPEZ GARCIA, JOSE ALBERTO          | UNAM      | 108  |
| 27   | LUCA, FLORIAN                      | UNAM      | 164  | 62   | KOFMAN EPSTEIN, SUSANA HELENA      | UNAM      | 121  | 97   | SCIUTTO CONDE, EDDA LYDIA           | UNAM      | 108  |
| 28   | GONZALEZ MARTINEZ, IGNACIO         | UAM       | 164  | 63   | CEBRIAN GARCIA, MARIANO ENRIQUE    | CINVESTAV | 121  | 98   | VILLASEÑOR CENDEJAS, LUIS MANUEL    | UMICH     | 108  |
| 29   | JUARISTI COSIO, EUSEBIO            | CINVESTAV | 163  | 64   | FLISSER Y STEINBRUCH, ANA          | UNAM      | 120  | 99   | FOMINE, SERGUEI                     | UNAM      | 108  |
| 30   | BELLO PEREZ, LUIS ARTURO           | IPN       | 162  | 65   | MENDOZA MARTINEZ, GERMAN DAVID     | UAM       | 120  | 100  | CEA OLIVARES, RAYMUNDO              | UNAM      | 108  |
| 31   | URRUTIA FUCUGAUCHI, JAIME          | UNAM      | 161  | 66   | FRANK HOEFELICH, ALEJANDRO         | UNAM      | 120  |      |                                     |           |      |
| 32   | FALCONY GUAJARDO, CIRO             | CINVESTAV | 156  | 67   | DRUCKER COLIN, RENE RAUL           | UNAM      | 120  |      |                                     |           |      |
| 33   | LOPEZ FERNANDEZ, RICARDO           | CINVESTAV | 156  | 68   | HIRSCH GANIEVICH, JORGE GUSTAVO    | UNAM      | 119  |      |                                     |           |      |
| 34   | PIZIO, OREST                       | UNAM      | 150  | 69   | MANERO BRITO, OCTAVIO              | UNAM      | 119  |      |                                     |           |      |
| 35   | SUAREZ MORALES, EDUARDO            | ECOSUR    | 149  | 70   | CASTAÑEDA HERNANDEZ, GILBERTO      | CINVESTAV | 119  |      |                                     |           |      |

Tabla 1.4. TOP 100 AUTORES CON MÁS PUBLICACIONES

| RANK | NOMBRE                               | CITAS | IES       | RANK | NOMBRE                                 | CITAS | IES       | RANK | NOMBRE                             | CITAS | IES       |
|------|--------------------------------------|-------|-----------|------|--|-------|-----------|------|------------------------------------|-------|-----------|
| 1    | RODRIGUEZ JORGE LUIS FELIPE          | 37401 | UNAM      | 36   | GONZALEZ MARISCAL MURIEL, LORENZA      | 10206 | CINVESTAV | 71   | PUIG AREVALO, JORGE EMILIO         | 7416  | UDG       |
| 2    | COLLADO VIDES, PEDRO JULIO           | 32658 | UNAM      | 37   | GUTIERREZ JUAREZ, GERARDO              | 10144 | UGTO      | 72   | LARRALDE RANGEL, CARLOS            | 7356  | UNAM      |
| 3    | ERLER WEBER, JENS PAUL ARTUR         | 32139 | UNAM      | 38   | ROMO TRUJILLO, RANULFO                 | 9483  | UNAM      | 73   | SOBERON CHAVEZ, MARIO              | 7315  | UNAM      |
| 4    | TERRONES MALDONADO, HUMBERTO         | 30475 | UNAM      | 39   | CEBRIAN GARCIA, MARIANO ENRIQUE        | 9416  | CINVESTAV | 74   | BERMUDEZ RATTONI, FEDERICO         | 7301  | UNAM      |
| 5    | POSSANI POSTAY, LOURIVAL DOMINGOS    | 21412 | UNAM      | 40   | ARIAS ORTIZ, CARLOS FEDERICO           | 9143  | UNAM      | 75   | CONTRERAS NUÑO, JESUS GUILLERMO    | 7295  | CINVESTAV |
| 6    | SANCHEZ HERNANDEZ, ALBERTO           | 20883 | CINVESTAV | 41   | MAILEPPALLIL THANKAMMA, SANTHAMMA NAIR | 8975  | UNAM      | 76   | TERLEVICH AFONSO, ROBERTO GIOVANNI | 7144  | INAOE     |
| 7    | D'ALESSIO VESSURI, PAOLA             | 19577 | UNAM      | 42   | JOSEPH NATHAN, PEDRO                   | 8924  | CINVESTAV | 77   | PUENTE GARCIA, JOSE LUIS           | 7139  | UNAM      |
| 8    | CASTILLA VALDEZ, HERIBERTO           | 17628 | CINVESTAV | 43   | DE LA FUENTE RAMIREZ JUAN RAMON        | 8917  | UNAM      | 78   | GONZALEZ MARTINEZ, IGNACIO         | 7104  | UAM       |
| 9    | VALENCIA DEL TORO, GUSTAVO           | 16507 | IPN       | 44   | SINGH SINGH, SHRI KRISHNA              | 8702  | UNAM      | 79   | EGUIARTE FRUNS, LUIS ENRIQUE       | 7098  | UNAM      |
| 10   | CANTO ILLA, JORGE DANIEL CARLOS      | 16457 | UNAM      | 45   | BARGAS DIAZ, JOSE                      | 8596  | UNAM      | 80   | ORTEGA HUERTA, MIGUEL ALFONSO      | 7094  | UNAM      |
| 11   | JOSE YACAMAN, MIGUEL                 | 16435 | UANL      | 46   | DRUCKER COLIN, RENE RAUL               | 8508  | UNAM      | 81   | FRANK HOEFELICH, ALEJANDRO         | 7081  | UNAM      |
| 12   | PODESTA LERMA, PEDRO LUIS MANUEL     | 16172 | UAS       | 47   | DEL RAZO JIMENEZ, MARIA DE LA LUZ      | 8449  | CINVESTAV | 82   | MORAN ANDRADE, JULIO EDUARDO ROQUE | 7033  | UNAM      |
| 13   | DE LA CRUZ BURELO, EDUARD            | 15919 | CINVESTAV | 48   | COELLO COELLO, CARLOS ARTEMIO          | 8445  | CINVESTAV | 83   | LIEDO FERNANDEZ, JOSE PABLO        | 7025  | ECOSUR    |
| 14   | MARTINEZ ROMERO, MARIA ESPERANZA     | 15067 | UNAM      | 49   | FRANCO LOPEZ, JOSE DE JESUS            | 8432  | UNAM      | 84   | VERMA JAISWAL, SURENDRA PAL        | 6925  | UNAM      |
| 15   | RAGA RASMUSSEN, ALEJANDRO CRISTIAN   | 14244 | UNAM      | 50   | FERNANDEZ GUASTI, JOSE ALONSO          | 8360  | CINVESTAV | 85   | BOLIVAR ZAPATA, FRANCISCO GONZALO  | 6920  | UNAM      |
| 16   | LOPEZ GOERNE, TESSY MARIA            | 13631 | UAM       | 51   | HALEVI SAR, PETER PERETZ               | 8342  | INAOE     | 86   | TAPIA IBARGUENGOYTIA, RICARDO      | 6917  | UNAM      |
| 17   | YU MEI, JIANG                        | 13487 | UAM       | 52   | HERRERA CORRAL, GERARDO ANTONIO        | 8274  | CINVESTAV | 87   | VILLALON HERRERA, CARLOS MIGUEL    | 6822  | CINVESTAV |
| 18   | PARDO CEMO, ANNIE                    | 13252 | UNAM      | 53   | OSTROSKY SHEJET, MARTHA PATRICIA       | 8183  | UNAM      | 88   | DULTZIN KESSLER, DEBORAH           | 6813  | UNAM      |
| 19   | DIRZO MINJAREZ, RODOLFO              | 13251 | UNAM      | 54   | ROJAS DEL CASTILLO, EMILIO             | 8171  | UNAM      | 89   | MATA ESSAYAG, RACHEL               | 6784  | UNAM      |
| 20   | HUGHES, DAVID HANDEL                 | 12958 | INAOE     | 55   | PAREDES LOPEZ, OCTAVIO                 | 8139  | CINVESTAV | 90   | CABALLERO MELLADO, JOSE DE JESUS   | 6680  | UNAM      |
| 21   | CEREJIDO MATTIOLI, MARCELINO         | 12607 | CINVESTAV | 56   | CONTRERAS THEUREL, ROSALINDA           | 8126  | CINVESTAV | 91   | SELIGMAN SCHURCH, THOMAS HENRY     | 6678  | UNAM      |
| 22   | JUARISTI COSIO, EUSEBIO              | 12407 | CINVESTAV | 57   | PATHIYAMATTOM JOSEPH, SEBASTIAN        | 8110  | UNAM      | 92   | LOPEZ FERNANDEZ, RICARDO           | 6584  | CINVESTAV |
| 23   | PEIMBERT SIERRA, MANUEL              | 12338 | UNAM      | 58   | GARZON SOSA, IGNACIO LUIS              | 7978  | UNAM      | 93   | PEDRAZA CHAVERRI, JOSE             | 6576  | UNAM      |
| 24   | LIZANO SOBERON, ESTELA SUSANA        | 12301 | UNAM      | 59   | BOSCH GIRAL, PEDRO                     | 7860  | UNAM      | 94   | VAZQUEZ DUHALT, RAFAEL             | 6545  | UNAM      |
| 25   | DARSZON ISRAEL, ALBERTO              | 12241 | UNAM      | 60   | GARCIA SAINZ, JESUS ADOLFO             | 7780  | UNAM      | 95   | TORRES Y CASTILLEJA, SILVIA LINDA  | 6499  | UNAM      |
| 26   | TOSCANO, RUBEN ALFREDO               | 11242 | UNAM      | 61   | CASTAÑO MENESES, VICTOR MANUEL         | 7759  | UNAM      | 96   | KLEIN KREISLER, MARTIN             | 6477  | UNAM      |
| 27   | GOMEZ ROMERO, JOSE RICARDO           | 11228 | UAM       | 62   | ROSE GOMEZ, CESAR ENRIQUE              | 7714  | DGEST     | 97   | LAZCANO ARAUJO, ANTONIO EUSEBIO    | 6445  | UNAM      |
| 28   | ALVAREZ-BUYLLA ROCES, MARIA ELENA    | 11205 | UNAM      | 63   | GIBSON BAUMGARDNER, DARREL             | 7676  | UNAM      | 98   | RUIZ ARGUELLES, GUILLERMO JOSE     | 6428  | UPAEP     |
| 29   | HERRERA ESTRELLA, LUIS RAFAEL        | 11190 | CINVESTAV | 64   | CRAVIOTO QUINTANA, ALEJANDRO RAFAEL    | 7674  | UNAM      | 99   | MURIEL DE LA TORRE, PABLO          | 6415  | CINVESTAV |
| 30   | GAMBA AYALA, GERARDO                 | 11108 | UNAM      | 65   | NOVARO PEÑALOSA, OCTAVIO               | 7643  | UNAM      | 100  | PIÑERO DALMAU, DANIEL IGNACIO      | 6355  | UNAM      |
| 31   | FLISSER Y STEINBRUCH, ANA            | 10838 | UNAM      | 66   | SCIUTTO CONDE, EDDA LYDIA              | 7576  | UNAM      |      |                                    |       |           |
| 32   | PADMANABHAN PANKAJAKSHY, KARUNAKARAN | 10393 | UNAM      | 67   | TENORIO TAGLE, GUILLERMO               | 7537  | INAOE     |      |                                    |       |           |
| 33   | MELLO PICCO, PIER ACHILLE            | 10363 | UNAM      | 68   | CURIEL RAMIREZ, SALVADOR               | 7479  | UNAM      |      |                                    |       |           |
| 34   | PASANTES ORDOÑEZ, HERMINIA           | 10359 | UNAM      | 69   | VAZQUEZ SEMADENI, ENRIQUE CRISTIAN     | 7450  | UNAM      |      |                                    |       |           |
| 35   | BASHAN GORODENZIK, YOAV              | 10317 | CIBNOR    | 70   | SINGH KUSHWAHA, MANVIR                 | 7421  | BUAP      |      |                                    |       |           |

Tabla 1.5 TOP 100 AUTORES CON MAS CITAS 1991-2011

| RANK | IES     | ALTAS | BAJAS | SNIS  | ΔSNI  | IMPACTO | RANK | IES    | ALTAS | BAJAS | SNIS   | ΔSNI | IMPACTO | RANK | IES       | ALTAS  | BAJAS  | SNIS    | ΔSNI   | IMPACTO |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|------|--------|-------|-------|--------|------|---------|------|-----------|--------|--------|---------|--------|---------|
| 100  | TESE    | 1.00  | 1.13  | 4.25  | -0.13 | 26.47   | 71   | CIESAS | 4.50  | 2.00  | 106.25 | 2.50 | 1.88    | 32   | CICY      | 8.88   | 2.50   | 64.50   | 6.38   | 3.88    |
| 83   | CIATEC  | 0.75  | 0.63  | 5.63  | 0.13  | 11.11   | 62   | ITSON  | 3.13  | 0.50  | 13.00  | 2.63 | 3.85    | 25   | CIAD      | 11.13  | 4.75   | 84.88   | 6.38   | 5.60    |
| 98   | UPTLAX  | 0.50  | 0.25  | 2.00  | 0.25  | 12.50   | 21   | CIO    | 3.50  | 0.88  | 58.88  | 2.63 | 1.49    | 23   | ECOSUR    | 9.88   | 3.25   | 86.75   | 6.63   | 3.75    |
| 97   | UPPue   | 1.13  | 0.75  | 2.88  | 0.38  | 26.09   | 39   | CIQA   | 3.88  | 1.13  | 37.63  | 2.75 | 2.99    | 41   | UAT       | 11.38  | 4.38   | 52.88   | 7.00   | 8.27    |
| 95   | MARISTA | 0.38  | 0.00  | 1.75  | 0.38  | 0.00    | 42   | UAAAN  | 4.13  | 1.38  | 41.38  | 2.75 | 3.32    | 82   | UPN       | 9.75   | 2.63   | 49.38   | 7.13   | 5.32    |
| 80   | Uamy    | 0.38  | 0.00  | 1.63  | 0.38  | 0.00    | 44   | ITAM   | 8.13  | 5.38  | 69.38  | 2.75 | 7.75    | 50   | UACM      | 10.38  | 2.25   | 38.25   | 8.13   | 5.88    |
| 96   | UCEM    | 0.75  | 0.13  | 1.38  | 0.63  | 9.09    | 47   | UJED   | 5.25  | 2.38  | 25.00  | 2.88 | 9.50    | 15   | COLPOS    | 19.13  | 9.38   | 214.38  | 9.75   | 4.37    |
| 70   | UVM     | 1.13  | 0.50  | 3.13  | 0.63  | 16.00   | 38   | CIMAT  | 4.13  | 1.13  | 53.00  | 3.00 | 2.12    | 26   | UAQ       | 15.38  | 5.13   | 94.50   | 10.25  | 5.42    |
| 92   | UPV     | 0.75  | 0.13  | 1.88  | 0.63  | 6.67    | 51   | UACAM  | 4.75  | 1.75  | 26.75  | 3.00 | 6.54    | 31   | UAS       | 16.75  | 6.50   | 93.88   | 10.25  | 6.92    |
| 91   | UPSLP   | 1.25  | 0.63  | 3.13  | 0.63  | 20.00   | 65   | UNACAR | 4.25  | 1.13  | 14.25  | 3.13 | 7.89    | 54   | UACJ      | 12.88  | 2.38   | 47.38   | 10.50  | 5.01    |
| 90   | CESUES  | 0.88  | 0.25  | 3.63  | 0.63  | 6.90    | 74   | DGIT   | 6.13  | 3.00  | 37.75  | 3.13 | 7.95    | 27   | UADY      | 17.50  | 6.88   | 116.88  | 10.63  | 5.88    |
| 79   | UDEFA   | 1.00  | 0.25  | 3.38  | 0.75  | 7.41    | 40   | COLMEX | 6.25  | 2.75  | 155.25 | 3.50 | 1.77    | 28   | UCOL      | 17.00  | 6.38   | 94.38   | 10.63  | 6.75    |
| 78   | CIDESI  | 1.63  | 0.75  | 5.88  | 0.88  | 12.77   | 16   | CIBNOR | 8.00  | 4.50  | 95.88  | 3.50 | 4.69    | 11   | UAEM      | 21.00  | 10.25  | 192.38  | 10.75  | 5.33    |
| 81   | DGETA   | 3.38  | 2.50  | 15.38 | 0.88  | 16.26   | 59   | UAN    | 4.75  | 1.25  | 14.00  | 3.50 | 8.93    | 33   | UAZ       | 16.25  | 5.13   | 90.88   | 11.13  | 5.64    |
| 84   | UPEMOR  | 1.00  | 0.13  | 1.25  | 0.88  | 10.00   | 72   | UAN    | 4.75  | 1.25  | 14.00  | 3.50 | 8.93    | 14   | USON      | 22.88  | 7.75   | 150.00  | 15.13  | 5.17    |
| 88   | ENAH    | 2.63  | 1.75  | 30.88 | 0.88  | 5.67    | 66   | UNPA   | 4.63  | 1.00  | 12.25  | 3.63 | 8.16    | 24   | UAEH      | 26.75  | 9.63   | 142.63  | 17.13  | 6.75    |
| 89   | UNISTMO | 1.63  | 0.75  | 5.25  | 0.88  | 14.29   | 13   | CICESE | 9.50  | 5.50  | 141.75 | 4.00 | 3.88    | 7    | BUAP      | 35.38  | 15.50  | 307.13  | 19.88  | 5.05    |
| 85   | COMIMSA | 1.25  | 0.38  | 3.63  | 0.88  | 10.34   | 61   | UTM    | 5.13  | 1.00  | 15.50  | 4.13 | 6.45    | 18   | UV        | 29.00  | 8.88   | 187.25  | 20.13  | 4.74    |
| 56   | CIDETEQ | 1.25  | 0.25  | 14.13 | 1.00  | 1.77    | 58   | COLEF  | 6.00  | 1.88  | 65.38  | 4.13 | 2.87    | 20   | UABC      | 28.13  | 7.63   | 149.63  | 20.50  | 5.10    |
| 73   | UPP     | 3.88  | 2.75  | 13.50 | 1.13  | 20.37   | 63   | UP     | 5.63  | 1.50  | 29.13  | 4.13 | 5.15    | 12   | UMICH     | 31.63  | 10.25  | 230.00  | 21.38  | 4.46    |
| 86   | USALLE  | 1.88  | 0.63  | 5.00  | 1.25  | 12.50   | 45   | UAA    | 7.25  | 3.00  | 45.38  | 4.25 | 6.61    | 9    | UASLP     | 29.75  | 8.25   | 184.25  | 21.50  | 4.48    |
| 94   | UDEM    | 1.38  | 0.13  | 7.13  | 1.25  | 1.75    | 48   | UADEC  | 7.13  | 2.88  | 38.63  | 4.25 | 7.44    | 8    | UGTO      | 29.25  | 6.75   | 188.38  | 22.50  | 3.58    |
| 68   | UAG     | 1.25  | 0.00  | 5.75  | 1.25  | 0.00    | 57   | CIATEJ | 6.13  | 1.88  | 25.75  | 4.25 | 7.28    | 17   | ITESM     | 47.13  | 22.63  | 230.38  | 24.50  | 9.82    |
| 69   | CIATEQ  | 2.25  | 0.88  | 12.63 | 1.38  | 6.93    | 55   | CIDE   | 6.25  | 1.75  | 58.75  | 4.50 | 2.98    | 22   | UAEMEX    | 33.13  | 7.50   | 180.63  | 25.63  | 4.15    |
| 99   | FLACSO  | 2.38  | 1.00  | 20.25 | 1.38  | 4.94    | 19   | INECOL | 7.38  | 2.63  | 75.13  | 4.75 | 3.49    | 2    | CINVESTAV | 43.63  | 14.63  | 583.88  | 29.00  | 2.50    |
| 49   | UPAEP   | 2.50  | 1.13  | 12.88 | 1.38  | 8.74    | 29   | IPICYT | 6.25  | 1.25  | 50.13  | 5.00 | 2.49    | 6    | UANL      | 51.13  | 16.88  | 297.13  | 34.25  | 5.68    |
| 76   | ITESO   | 2.38  | 0.75  | 18.13 | 1.63  | 4.14    | 60   | UAGRO  | 8.38  | 3.25  | 27.25  | 5.13 | 11.93   | 4    | UAM       | 72.88  | 27.88  | 754.25  | 45.00  | 3.70    |
| 77   | UABJO   | 3.13  | 1.38  | 16.00 | 1.75  | 8.59    | 10   | INAOE  | 7.88  | 2.63  | 103.88 | 5.25 | 2.53    | 5    | UDG       | 71.88  | 23.13  | 481.25  | 48.75  | 4.81    |
| 87   | UDO     | 2.13  | 0.38  | 7.38  | 1.75  | 5.08    | 35   | CIMAV  | 6.25  | 0.75  | 45.13  | 5.50 | 1.66    | 3    | IPN       | 79.13  | 25.88  | 562.38  | 53.25  | 4.60    |
| 46   | UABCS   | 4.13  | 2.13  | 26.63 | 2.00  | 7.98    | 37   | IBERO  | 8.63  | 3.13  | 79.25  | 5.50 | 3.94    | 1    | UNAM      | 240.13 | 100.88 | 3147.63 | 139.25 | 3.20    |
| 75   | UNICAH  | 2.50  | 0.38  | 12.38 | 2.13  | 3.03    | 52   | UJAT   | 10.13 | 4.38  | 42.00  | 5.75 | 10.42   |      |           |        |        |         |        |         |
| 36   | CICATA  | 5.38  | 3.13  | 40.88 | 2.25  | 7.65    | 53   | UATX   | 8.50  | 2.75  | 39.50  | 5.75 | 6.96    |      |           |        |        |         |        |         |
| 30   | UDLAP   | 7.75  | 5.25  | 66.63 | 2.50  | 7.88    | 67   | UNACH  | 7.25  | 1.50  | 28.75  | 5.75 | 5.22    |      |           |        |        |         |        |         |
| 64   | UMAR    | 4.88  | 2.38  | 20.00 | 2.50  | 11.88   | 34   | UACH   | 8.88  | 2.75  | 35.63  | 6.13 | 7.72    |      |           |        |        |         |        |         |
| 93   | COLMICH | 4.00  | 1.50  | 42.00 | 2.50  | 3.57    | 43   | UACH   | 8.88  | 2.75  | 35.63  | 6.13 | 7.72    |      |           |        |        |         |        |         |

Tabla 1.6. PROMEDIO DE ALTAS Y BAJAS DEL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGADORES DE 1991 A 2011.

| RANK | IES       | PTC  | SNIS | PNPC | MATRICULA | PROGACAD | RANK | IES     | PTC  | SNIS | PNPC | MATRICULA | PROGACAD |
|------|-----------|------|------|------|-----------|----------|------|---------|------|------|------|-----------|----------|
| 1    | UNAM      | 4918 | 3583 | 135  | 204581    | 333      | 67   | UNACH   | 729  | 55   | 5    | 20531     | 100      |
| 5    | UDG       | 3087 | 662  | 81   | 92451     | 389      | 35   | CIMAV   | 48   | 56   | 4    | 81        | 5        |
| 3    | IPN       | 4901 | 779  | 73   | 100452    | 224      | 38   | CIMAT   | 69   | 61   | 4    | 148       | 9        |
| 6    | UANL      | 2647 | 443  | 72   | 79246     | 276      | 39   | CIQA    | 49   | 51   | 4    | 48        | 4        |
| 4    | UAM       | 3535 | 906  | 63   | 51935     | 142      | 60   | UAGRO   | 787  | 37   | 4    | 25214     | 81       |
| 2    | CINVESTAV | 588  | 727  | 56   | 2312      | 58       | 78   | CIDESI  | 0    | 6    | 4    | 59        | 6        |
| 17   | ITESM     | 1506 | 264  | 49   | 72151     | 1125     | 99   | FLACSO  | 48   | 23   | 4    | 611       | 9        |
| 9    | UASLP     | 992  | 262  | 42   | 24121     | 152      | 21   | CIO     | 57   | 62   | 3    | 64        | 3        |
| 18   | UV        | 1640 | 299  | 42   | 58944     | 245      | 23   | ECOSUR  | 118  | 104  | 3    | 145       | 10       |
| 22   | UAEMEX    | 1034 | 288  | 40   | 41362     | 282      | 25   | CIAD    | 138  | 108  | 3    | 198       | 3        |
| 12   | UMICH     | 1277 | 311  | 36   | 37411     | 103      | 47   | UJED    | 370  | 49   | 3    | 13906     | 88       |
| 7    | BUAP      | 1803 | 384  | 35   | 54434     | 189      | 52   | UIAT    | 931  | 55   | 3    | 27626     | 92       |
| 20   | UABC      | 1166 | 216  | 33   | 47878     | 173      | 55   | CIDE    | 110  | 67   | 3    | 378       | 6        |
| 8    | UGTO      | 652  | 265  | 27   | 17812     | 153      | 86   | USALLE  | 329  | 11   | 3    | 27043     | 380      |
| 11   | UAEM      | 361  | 233  | 25   | 13251     | 126      | 16   | CIBNOR  | 91   | 111  | 2    | 146       | 2        |
| 54   | UACJ      | 640  | 96   | 24   | 22277     | 99       | 51   | UACAM   | 215  | 42   | 2    | 5891      | 83       |
| 14   | USON      | 655  | 226  | 22   | 25895     | 164      | 56   | CIDETEQ | 25   | 19   | 2    | 64        | 4        |
| 34   | UACH      | 597  | 114  | 21   | 4612      | 46       | 59   | UAN     | 683  | 35   | 2    | 13500     | 54       |
| 43   | UACH      | 597  | 114  | 21   | 4612      | 46       | 62   | ITSON   | 330  | 21   | 2    | 15452     | 79       |
| 27   | UADY      | 482  | 167  | 20   | 13841     | 107      | 72   | UAN     | 683  | 35   | 2    | 13500     | 54       |
| 31   | UAS       | 1114 | 139  | 20   | 50607     | 173      | 44   | ITAM    | 198  | 69   | 1    | 5365      | 30       |
| 13   | CICESE    | 179  | 150  | 19   | 428       | 18       | 50   | UACM    | 791  | 79   | 1    | 12425     | 55       |
| 15   | COLPOS    | 335  | 239  | 19   | 948       | 32       | 57   | CIATEJ  | 24   | 46   | 1    | 67        | 2        |
| 24   | UAEH      | 742  | 170  | 18   | 20067     | 108      | 65   | UNACAR  | 218  | 24   | 1    | 4511      | 74       |
| 26   | UAQ       | 471  | 152  | 18   | 17813     | 161      | 73   | UPP     | 72   | 13   | 1    | 2777      | 22       |
| 48   | UADEC     | 718  | 59   | 18   | 23650     | 127      | 82   | UPN     | 1642 | 71   | 1    | 71901     | 418      |
| 45   | UAA       | 392  | 68   | 15   | 12718     | 85       | 83   | CIATEC  | 0    | 4    | 1    | 0         | 0        |
| 41   | UAT       | 871  | 69   | 14   | 39311     | 237      | 85   | COMIMSA | 16   | 8    | 1    | 50        | 4        |
| 29   | IPICYT    | 0    | 63   | 13   | 0         | 0        | 92   | UPV     | 17   | 5    | 1    | 681       | 4        |
| 34   | UACH      | 675  | 50   | 13   | 25768     | 166      | 97   | UPPue   | 31   | 4    | 1    | 1039      | 9        |
| 43   | UACH      | 675  | 50   | 13   | 25768     | 166      | 100  | TESE    | 142  | 9    | 1    | 5500      | 13       |
| 40   | COLMEX    | 186  | 172  | 12   | 368       | 18       | 19   | INECOL  | 51   | 88   | 0    | 134       | 2        |
| 28   | UCOL      | 490  | 138  | 11   | 12291     | 114      | 68   | UAG     | 301  | 8    | 0    | 12967     | 182      |
| 37   | IBERO     | 478  | 104  | 11   | 19145     | 227      | 69   | CIATEQ  | 0    | 19   | 0    | 0         | 0        |
| 42   | UAAAN     | 497  | 56   | 11   | 5193      | 33       | 70   | UVM     | 418  | 6    | 0    | 63940     | 813      |
| 71   | CIESAS    | 33   | 112  | 10   | 147       | 6        | 77   | UABJO   | 261  | 20   | 0    | 15667     | 48       |
| 93   | COLMICH   | 62   | 49   | 9    | 145       | 7        | 79   | UDEFA   | 1028 | 3    | 0    | 707       | 58       |
| 10   | INAOE     | 107  | 112  | 8    | 409       | 8        | 84   | UPEMOR  | 19   | 0    | 0    | 1619      | 10       |
| 32   | CICY      | 73   | 89   | 7    | 242       | 5        | 88   | ENAH    | 12   | 35   | 0    | 119       | 2        |
| 33   | UAZ       | 1233 | 133  | 6    | 18906     | 86       | 90   | CESUES  | 289  | 8    | 0    | 7483      | 39       |
| 46   | UABCS     | 132  | 32   | 5    | 4756      | 37       | 91   | UPSLP   | 37   | 4    | 0    | 3893      | 6        |
| 53   | UATX      | 654  | 62   | 5    | 11144     | 63       | 98   | UPTLAX  | 37   | 7    | 0    | 2480      | 6        |
| 58   | COLEF     | 101  | 84   | 5    | 127       | 8        |      |         |      |      |      |           |          |

Tabla 1.7. Tamaño de IES en el 2011.

## CAPITULO II

### INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA: SNI-VII (1991-2011)

## 2.1. La Ingeniería en el SNI.

En el 2011 el SNI contó con 12567 investigadores activos de los cuales 2620 pertenecen al área de ingenierías lo que representa un 15%, esta proporción a largo del tiempo (1991-2011) se ha mantenido con una tendencia constante, como se puede observar en la Fig. 2.1, el porcentaje de investigadores pertenecientes a ingeniería oscila con un máximo en 1991 con aproximadamente el 17% de representación y con un mínimo de 11% en 1995 donde se cambió el reglamento de ingreso, y a partir de esa fecha para tener la distinción de candidato se exigió el grado de doctor, por lo que varios investigadores que contaban con maestría y/o estudiantes de doctorado salieron del sistema. Después de esta caída el crecimiento se mantiene hasta llegar al 15% al 2011. En promedio a lo largo de los 21 años de estudio las ingenierías han contribuido con el 13.8% de los investigadores a nivel nacional de siete áreas del conocimiento.

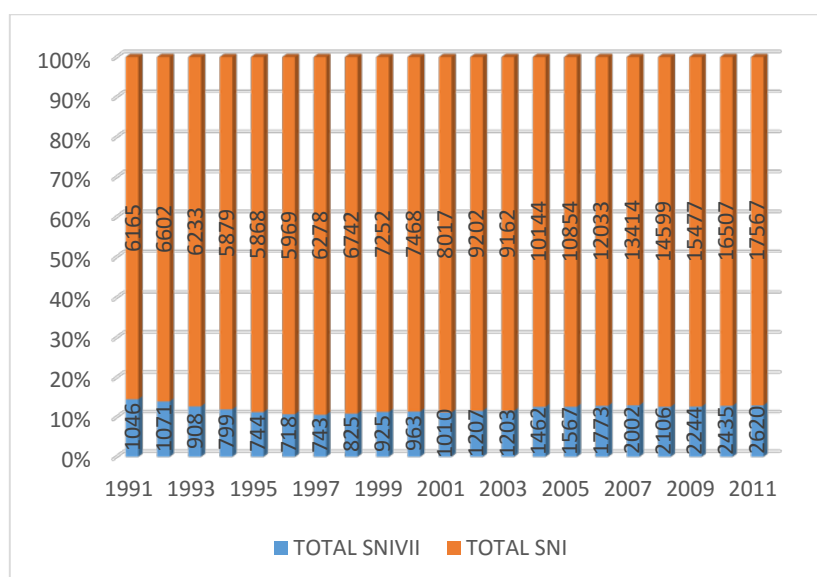


Fig. 2.1. Comparación del total de Investigadores del SNI con el Área VII.

El SNI, fue creado para reconocer la labor y compromiso de los investigadores por desarrollar conocimiento científico y tecnología de alta calidad. Dicho reconocimiento se otorga a través de la evaluación por pares y consiste en otorgar el nombramiento de investigador nacional en tres diferentes niveles

dependiendo la contribución de sus trabajos a la ciencia. En este punto el área de ingenierías al 2011 cuenta con 724 investigadores con nombramiento de Candidato (27%), 1430 con nivel 1 con una representación del 54%, 362 investigadores con nivel 2 que se traduce al 13.8% del total y con 104 investigadores de nivel 3 con una representación de tan sólo el 4%.

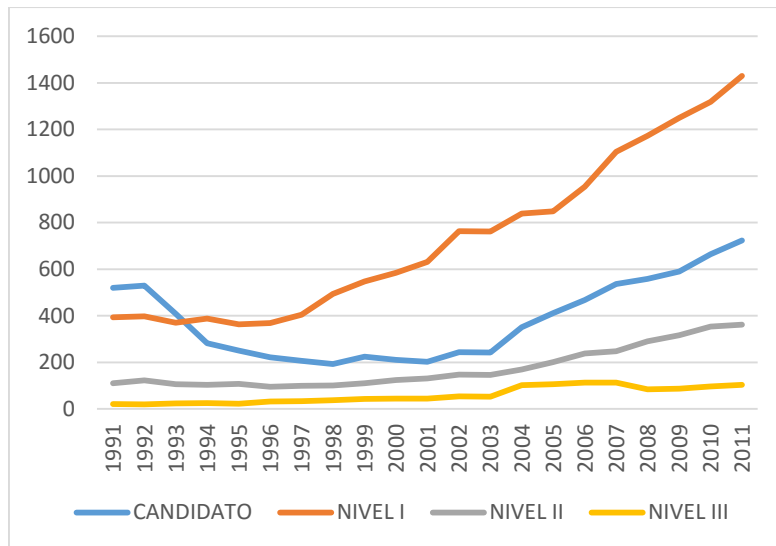


Fig. 2.2. Evolución del SNI-VII por niveles (1991-2011).

En la figura 2.2 se ilustra la evolución de los miembros del área 7 del SNI a través del tiempo, en ella se puede apreciar que los niveles 1, 2 y 3 han tenido un crecimiento sostenido, mientras que los Candidatos debido al efecto del cambio de reglamento antes mencionado tiene un declive en 1993 hasta llegar a su mínimo histórico de 183 investigadores en 1989, después de esto los candidatos empiezan a crecer a un ritmo promedio de 42 investigadores por año. Por otro lado, el Nivel 1 que concentra a la mayoría de los investigadores en ingeniería, tiene un crecimiento promedio anual de 74 investigadores, el Nivel 2 presenta un crecimiento de 21 investigadores por año y para el Nivel 3 su crecimiento promedio es de tan sólo 5 investigadores por año.

Tabla 2.1. Distribución de Investigadores por Nivel y Género en Ingeniería.

|      | CANDIDATO |     | NIVEL 1 |     | NIVEL 2 |    | NIVEL 3 |   | TOTAL |     |
|------|-----------|-----|---------|-----|---------|----|---------|---|-------|-----|
|      | H         | M   | H       | M   | H       | M  | H       | M | H     | M   |
| 1991 | 465       | 55  | 369     | 25  | 111     | 0  | 21      | 0 | 966   | 80  |
| 1992 | 475       | 55  | 373     | 25  | 122     | 1  | 20      | 0 | 990   | 81  |
| 1993 | 357       | 51  | 348     | 22  | 102     | 4  | 24      | 0 | 831   | 77  |
| 1994 | 247       | 35  | 362     | 26  | 96      | 8  | 25      | 0 | 635   | 69  |
| 1995 | 212       | 38  | 335     | 28  | 100     | 8  | 23      | 0 | 670   | 74  |
| 1996 | 186       | 36  | 340     | 29  | 87      | 8  | 32      | 0 | 645   | 73  |
| 1997 | 168       | 38  | 370     | 35  | 88      | 11 | 33      | 0 | 659   | 84  |
| 1998 | 158       | 35  | 440     | 54  | 95      | 6  | 36      | 1 | 729   | 96  |
| 1999 | 182       | 43  | 482     | 65  | 100     | 10 | 42      | 1 | 806   | 119 |
| 2000 | 169       | 41  | 513     | 71  | 113     | 11 | 44      | 1 | 839   | 124 |
| 2001 | 164       | 39  | 553     | 78  | 120     | 11 | 44      | 1 | 881   | 129 |
| 2002 | 198       | 45  | 657     | 106 | 134     | 13 | 52      | 2 | 1041  | 166 |
| 2003 | 197       | 45  | 656     | 106 | 133     | 13 | 51      | 2 | 1037  | 166 |
| 2004 | 284       | 67  | 719     | 120 | 155     | 15 | 97      | 5 | 1255  | 207 |
| 2005 | 331       | 80  | 728     | 121 | 183     | 18 | 100     | 6 | 1342  | 225 |
| 2006 | 371       | 97  | 809     | 145 | 214     | 24 | 106     | 7 | 1500  | 273 |
| 2007 | 427       | 110 | 924     | 180 | 219     | 29 | 106     | 7 | 1676  | 326 |
| 2008 | 436       | 122 | 959     | 214 | 257     | 34 | 77      | 7 | 1729  | 377 |
| 2009 | 448       | 142 | 1012    | 238 | 279     | 38 | 80      | 7 | 1819  | 425 |
| 2010 | 501       | 164 | 1065    | 254 | 307     | 47 | 90      | 7 | 1963  | 472 |
| 2011 | 550       | 174 | 1148    | 282 | 313     | 49 | 97      | 7 | 2108  | 512 |

Con respecto a cuestiones de Género en la tabla 2.1 se muestra la participación de los investigadores por año según el género y nivel, en esta se aprecia que las ingenierías siguen siendo dominadas por los hombres con una pequeña contribución de las mujeres en esta área con una proporción histórica promedio de 1:7 (una mujer por cada siete hombres), sin embargo, esta proporción se ha reducido en los últimos años del estudio (2009-2011) con una proporción de 1:4 denotando una creciente integración de las mujeres a la investigación en ingeniería. Así mismo en esta tabla se puede observar que en los últimos 10 años el crecimiento promedio anual de los hombres con Candidatura es de 35 investigadores mientras que para las mujeres es de 12 investigadoras por año, para el nivel 1, la tasa de crecimiento de los hombres es de 58 investigadores por año mientras que para las mujeres es de 19 investigadoras por año. El Nivel 2 tiene un crecimiento anual promedio de 18 investigadores y de tan sólo 3 investigadoras, por último, el Nivel 3 mantiene un crecimiento para el género masculino de 5 investigadores por año y en el caso de las mujeres un escaso crecimiento de 0.5 investigadoras por año.

La ingeniería dentro del SNI según la base de CONACYT abarca 19 disciplinas dentro del periodo de estudio, de las cuales Ciencias de la Tecnología con 2934 investigadores que han pertenecido al menos un año, abarca el 63% del total colocándola como la disciplina principal y la segunda disciplina se ubica Ingeniería de Comunicaciones y Eléctrica con 376 investigadores lo que



representa el 8%, las ingenierías clásicas como Eléctrica, Mecánica, Química y Civil concentran el 4%, 3.8%, 3.7% y 3.3% respectivamente (ver Fig. 2.3).

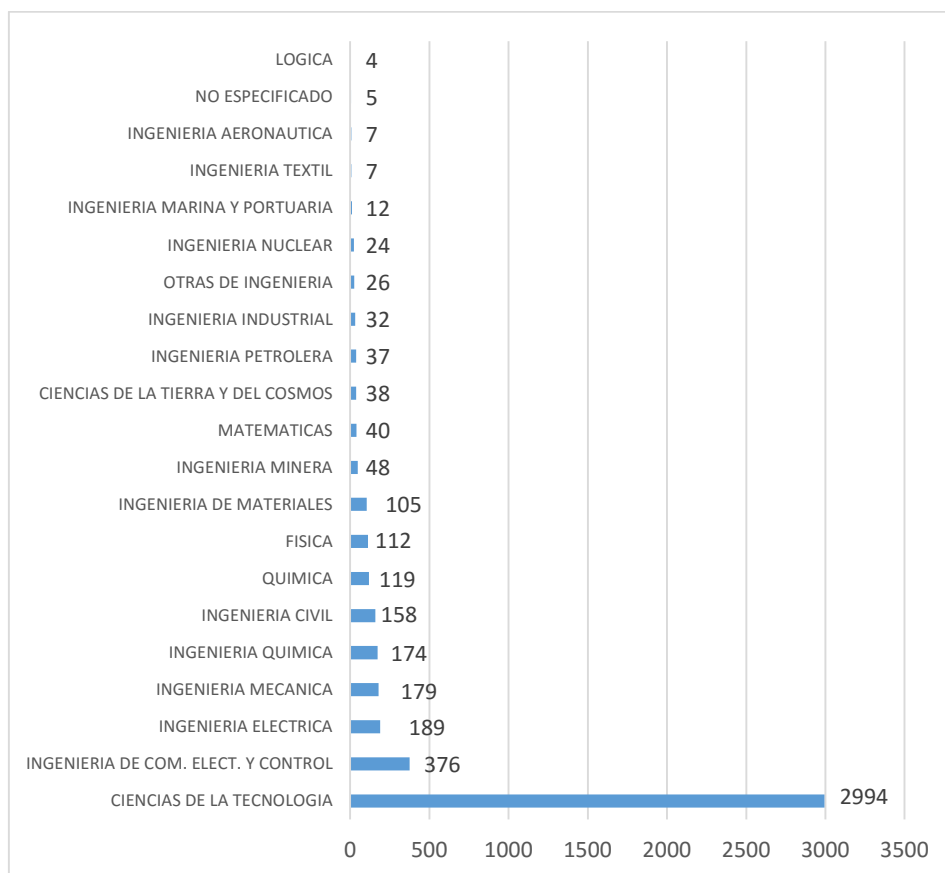


Fig. 2.3 Investigadores por Disciplina en el Área VII del SNI.

Sin embargo, el 63% que representa Ciencias de la Tecnología no ayuda describir con exactitud la disciplina de los ingenieros, esta disciplina se descompuso por sus subdisciplina dando como resultado la Tabla 2.2, en esta se puede apreciar que la disciplina Tecnología de las Materias concentra la mayoría (451) de los ingenieros, seguida de Tecnología e Ingeniería Química con 400 investigadores, Ciencias de la Computación con 361 investigadores ubicándola como la cuarta disciplina socorrida por los investigadores, otro dato importante en esta tabla es la distribución de ingenieros por genero según la disciplina, en este sentido Tecnología de las Materias engloba a la mayor cantidad de hombres con el 8% de los investigadores y el 15% de las mujeres, la segunda disciplina con mayor número de mujeres es Tecnología e Ingeniería Química con el 12% de la investigadoras, así mismo Tecnología del Medio Ambiente es la tercer especialidad que enrola a mayor cantidad de mujeres con el 7.8% de ellas y como cuarta especialidad con más investigadoras adscritas se

ubica Ciencias de la Computación con el 7.7% es importante resaltar que estas cuatro disciplinas junto con Química (5.6% de mujeres) engloban al 48% de las investigadoras en ingeniería.

Tabla 2.2. Distribución de investigadores por disciplina y género.

| DISCIPLINA                                    | SNIS | H   | M   | DISCIPLINA                           | SNIS | H  | M  |
|---|------|-----|-----|--------------------------------------|------|----|----|
| TECNOLOGIA DE LAS MATERIAS                    | 451  | 324 | 127 | TECNOLOGIA DE LAS TELECOMUNICACIONES | 82   | 77 | 5  |
| TECNOLOGIA E INGENIERIA QUIMICA               | 400  | 302 | 98  | TECNOLOGIA DE LA ALIMENTACION        | 51   | 28 | 23 |
| INGENIERIA DE COM. ELECT. Y CONTROL           | 376  | 347 | 29  | TECNOLOGIA INDUSTRIAL                | 49   | 41 | 8  |
| CIENCIAS DE LA COMPUTACION                    | 361  | 299 | 62  | INGENIERIA MINERA                    | 48   | 45 | 3  |
| TECNOLOGIA ELECTRONICA                        | 246  | 222 | 24  | MATEMATICAS                          | 40   | 28 | 12 |
| INGENIERIA ELECTRICA                          | 189  | 177 | 12  | CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL COSMOS   | 38   | 29 | 9  |
| INGENIERIA MECANICA                           | 179  | 174 | 5   | INGENIERIA PETROLERA                 | 37   | 33 | 4  |
| INGENIERIA QUIMICA                            | 174  | 147 | 27  | TECNOLOGIA DEL PETROLEO Y DEL CARBON | 35   | 26 | 9  |
| TECNOLOGIA DEL MEDIO AMBIENTE                 | 162  | 99  | 63  | INGENIERIA INDUSTRIAL                | 32   | 27 | 5  |
| INGENIERIA CIVIL                              | 158  | 143 | 15  | TECNOLOGIA DE LA MEDICINA            | 31   | 25 | 6  |
| TECNOLOGIA DE LA METALURGIA                   | 144  | 121 | 23  | OTRAS DE INGENIERIA                  | 26   | 21 | 5  |
| OTRAS ESPECIALIDADES EN MATERIA DE TECNOLOGIA | 134  | 108 | 26  | ELECTRONICA                          | 26   | 22 | 4  |
| TECNOLOGIA MECANICA                           | 130  | 129 | 1   | INGENIERIA NUCLEAR                   | 24   | 21 | 3  |
| QUIMICA                                       | 119  | 74  | 45  | TECNOLOGIA NUCLEAR                   | 23   | 20 | 3  |
| TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION                 | 119  | 110 | 9   | INFORMATICA                          | 22   | 20 | 2  |
| FISICA  | 112  | 101 | 11  | TECNOLOGIA BIOQUIMICA                | 19   | 9  | 10 |
| TECNOLOGIA DE LA ENERGIA                      | 111  | 84  | 27  | INGENIERIA MARINA Y PORTUARIA        | 12   | 9  | 3  |
| INGENIERIA DE MATERIALES                      | 105  | 77  | 28  | OTRAS                                | 11   | 7  | 4  |
| TECNOLOGIA E INGENIERIA DE LA ELECTRICIDAD    | 100  | 93  | 7   | MECANICA                             | 10   | 10 | 0  |
| TECNOLOGIA DE LA INFORMATICA                  | 89   | 77  | 12  | TECNOLOGIA E INGENIERIA AERONAUTICA  | 10   | 10 | 0  |
| OTRAS CIENCIAS DE TECNOLOGIA                  | 86   | 61  | 25  | INGENIERIA TEXTIL                    | 7    | 6  | 1  |
| INSTRUMENTAL TECNOLÓGICO                      | 84   | 76  | 8   | INGENIERIA AERONAUTICA               | 7    | 7  | 0  |
|   |      |     |     | NO ESPECIFICADO                      | 5    | 5  | 0  |

## 2.2. MOVILIDAD DE LA INGENIERÍA MEXICANA.

### 2.2.1. Altas y Bajas del Sistema.

El reconocimiento a labor de investigación que otorga el SNI se hace a través de la evaluación por parte de comisiones dictaminadoras integradas por pares, correspondientes a cada una de las áreas del conocimiento. Estas comisiones tienen por objeto evaluar la calidad académica, la trascendencia y el impacto del trabajo de investigación científica y tecnológica, así como la docencia y la formación de recursos humanos. Es importante mencionar que la distinción y el estímulo económico no son permanentes (salvo la distinción de Investigador Emérito Nacional la cual es vitalicia), la vigencia para el resto depende del tipo

de categoría: Candidato su validez será de tres años con derecho a prórroga de dos años más, para Investigador Nacional nivel I tiene una duración de tres años, de cuatro para el nivel II y de cinco años para el nivel III. Este proceso anual de evaluación para el ingreso y permanencia al sistema, tiene como resultado altas de nuevos investigadores y la baja de otros por no cumplir con los criterios establecidos por la convocatoria correspondiente.

Para describir las altas y bajas, se utilizaron datos obtenidos por las bases del CONACYT en un periodo de ocho años (2004-2011). Los datos indican que en el 2004 se unieron al sistema 292 nuevos investigadores lo que representa el 12.5% con respecto al total de investigadores vigentes del mismo año y por otro lado el número de bajas fue de 40 investigadores (1.7%). La cifra record en altas y al mismo tiempo en bajas en el periodo antes mencionado la registra el año 2010 con un ingreso de 400 investigadores lo que representa el 15% del total de ese año, los decesos en el sistema fueron de 208 casi un 8% de la comunidad en ese mismo año. En promedio de los 8 años el sin registro un ingreso de 304 investigadores y 134 bajas por año (12% y 5% respectivamente).

Para abundar en este punto la Fig. 2.4 muestra las altas y bajas en el mismo periodo, pero por nivel, en esta figura se puede observar que los Candidatos y el Nivel 1 tienen el mayor número de altas por año y al mismo tiempo de bajas al sistema, mientras que los Niveles 2 y 3 se mantienen con un escaso número de altas y bajas. En promedio anualmente ingresan 175 candidatos, 123 investigadores con Nivel 1, 2 del Nivel 2 y 3 del Nivel 3, en tanto a las bajas anualmente causan baja del sistema 65 Candidatos, 63 investigadores Nivel 1, 3 Nivel 2 y 4 con Nivel 3.

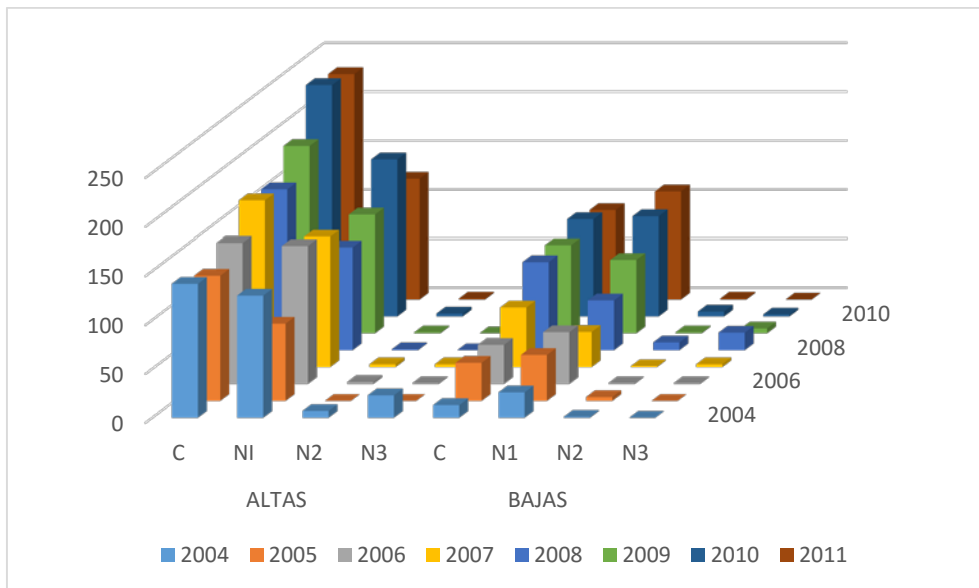


Fig. 2.4. Altas y Bajas del SNI-VII por Nivel (2004-2011).

### 2.2.2. Adscripción.

Un punto importante sin duda es el lugar de adscripción de los investigadores, ya que dependiendo el tipo de universidad o el tamaño de la institución se pueden obtener recursos y/o beneficios para la carrera de cualquier investigador, desde el acceso de equipo, materiales, financiamiento, capital social hasta prestaciones y un buen salario. Para abordar este punto, este trabajo analiza la adscripción en dos vertientes, a una institución en la que se genere investigación y como segundo punto a la entidad federativa de la república mexicana que pertenece dicha institución.

Los datos indican que los investigadores en ingeniería que han sido miembros del SNI al menos un año dentro del periodo de estudio, se han concentrado en 271 instituciones donde realizan su investigación, de las cuales 190 son nacionales y 81 radican en el extranjero. La Fig. 2.5 muestra el número de investigadores con adscripción en una institución en el extranjero por país, es importante mencionar que los 94 investigadores que han estado en el extranjero estuvieron adscritos a 70 universidades, 7 empresas, 3 dependencias gubernamentales y una asociación civil. En esta misma figura se observa que Estados Unidos de América es el país que tiene el mayor número de investigadores mexicanos (23) distribuidos en 15 universidades, de las cuales destaca la Universidad de Texas en San Antonio, la Universidad de California en San Diego y la Universidad de Harvard. Una empresa (General Motors) y 2

instituciones de otro tipo. El segundo país que alberga a más investigadores es España con 16, los cuales están adscritos a 8 universidades como la Universidad Politécnica de Cataluña y la Universidad Politécnica de Valencia, 2 empresas (Barcelona Digital Centro Tecnológico y Electronic Variable Technologies SI) y a una entidad gubernamental (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), Francia con 11 investigadores es el tercer país con más investigadores, distribuidos en 8 universidades francés de las cuales destacan el Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS) y la Universidad de Notre Dame. Por último, Destaca el caso de Colombia que alberga a un investigador en la empresa Ecopetrol, S. A.

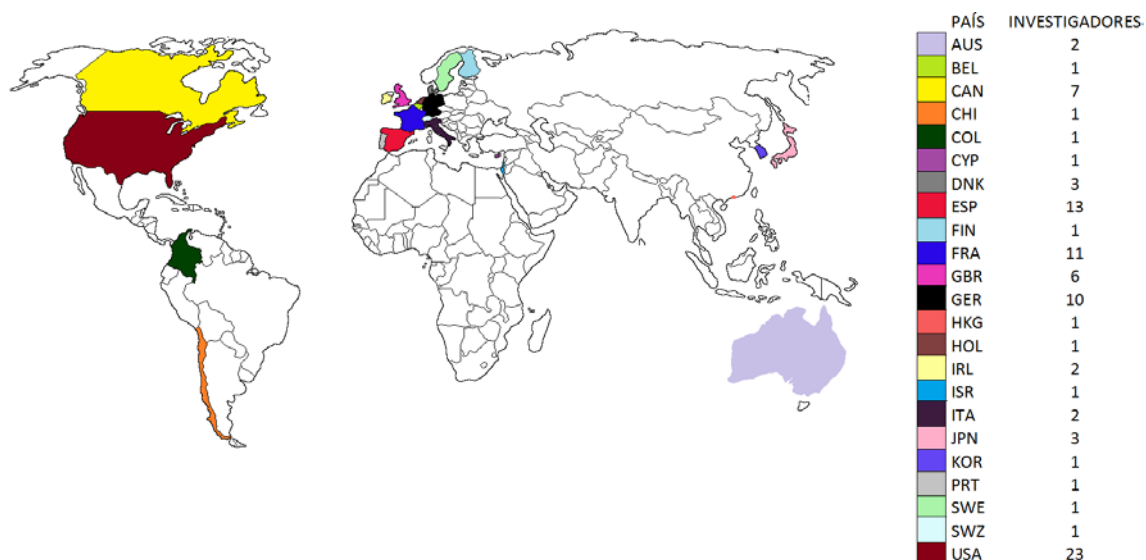


Fig. 2.5. Número de Investigadores adscritos a instituciones en el extranjero 1991-2011.

Para el caso nacional, los investigadores en ingeniería se distribuyen en 131 instituciones públicas y 59 privadas, de estas, 100 son universidades (80 públicas y 20 privadas), 33 centros de investigación, 37 empresas, 18 entidades gubernamentales y 2 de otro tipo. La Tabla 2.3 muestra el número de investigadores que están adscritos a una IES, en total se presentan 133 IES, las cuales incluyen Universidades (públicas y privadas) y centros de investigación, excluyendo todas aquellas instituciones que no tienen como objetivo la formación de recursos humanos en investigación a nivel superior y postgrado. En esta tabla se puede observar que la UNAM es la IES con mayor número de investigadores en ingeniería a largo del periodo de estudio con 470 que representa el 12.5% del total, el IPN es la siguiente institución con más miembros del SNI con 349 es

decir el 9.3% de representación, la DGEST tiene una representación del 8.5% seguida por el CINVESTAV con 247 SNI's (6.5%), en la quinta posición el ITESM, tiene una representación del 5.3% con 202 investigadores, la UAM con 166 investigadores representa el 4.4%, la UANL con 138 investigadores representa el 3.6, la UdG el 3.4 con el 3.4%, La UASLP representa el 2.8 % con 108 investigadores y por último la UASLP con 100 investigadores es la décima institución con una representación del 2.6%. Es interesante mencionar que estas 10 IES agrupan casi el 60% del total de los investigadores en ingeniería.

Tabla 2.3. Distribución de investigadores en ingeniería adscritos a una IES (1991-2011).

| IES       | SNI's | IES       | SNI's | IES       | SNI's | IES        | SNI's |
|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|
| UNAM      | 470   | CICY      | 19    | CIO       | 6     | UNSI       | 2     |
| IPN       | 349   | CIATEQ    | 17    | CIATEQ    | 5     | UC         | 1     |
| DGEST     | 319   | UAS       | 17    | USALLE    | 5     | CESUES     | 1     |
| CINVESTAV | 247   | IBERO     | 16    | UAN       | 5     | IPICYT     | 1     |
| ITESM     | 202   | UAT       | 15    | CIAD      | 5     | UPZMG      | 1     |
| UAM       | 166   | CIDETEQ   | 14    | CIBNOR    | 5     | ECOSUR     | 1     |
| UANL      | 138   | UNACAR    | 14    | UP-B      | 4     | COLEF      | 1     |
| UDG       | 128   | CIDESI    | 14    | UPBC      | 4     | UPJR       | 1     |
| UASLP     | 108   | CICESE    | 13    | UNICARIBE | 3     | UABJO      | 1     |
| BUAP      | 100   | IPICYT    | 13    | UPQ       | 3     | Uason      | 1     |
| UMICH     | 90    | UPP       | 13    | UVM       | 3     | UA         | 1     |
| UGTO      | 85    | CIATEQ    | 13    | UNICAH    | 3     | UPRR       | 1     |
| UABC      | 69    | UACM      | 12    | CICATA    | 3     | TESJO      | 1     |
| INAOE     | 61    | UACH      | 12    | UPVM      | 3     | UABCS      | 1     |
| UAQ       | 60    | UACAM     | 11    | UJED      | 3     | UTeM       | 1     |
| USON      | 55    | UPAEP     | 10    | UMAR      | 3     | CETYS      | 1     |
| UAEMEX    | 53    | UATX      | 10    | UCEM      | 3     | CIATEC     | 1     |
| UAEM      | 52    | ITSON     | 10    | INECOL    | 3     | UTCV       | 1     |
| CIMAV     | 51    | UNPA      | 10    | UAG       | 2     | TECMILENIO | 1     |
| UV        | 47    | UP        | 9     | Uanor     | 2     | UPGM       | 1     |
| CIQA      | 43    | CENIDET   | 9     | UNACH     | 2     | UPEMOR     | 1     |
| UDLAP     | 40    | COMIMSA   | 9     | ITESO     | 2     | UPT        | 1     |
| UAEH      | 38    | UAA       | 9     | UPGTO     | 2     | UDO        | 1     |
| CICESE    | 36    | CIATEC    | 9     | UTSJR     | 2     | UTQ        | 1     |
| CICATA    | 36    | ITESO     | 8     | UDEM      | 2     | TESE       | 1     |
| UAZ       | 31    | DGIT      | 8     | Uamy      | 2     | CIDETEQ    | 1     |
| UACJ      | 29    | UPV       | 7     | UPA       | 2     | IEST       | 1     |
| UADEC     | 27    | UNISTMO   | 7     | UDEF      | 2     | UAGRO      | 1     |
| UADY      | 25    | UPPue     | 7     | UTP       | 2     | CIDETEQ    | 1     |
| UCOL      | 23    | COLPOS    | 7     | UPVT      | 2     | UNCA       | 1     |
| ITAM      | 21    | UPSPL     | 6     | UPTgo     | 2     | UPZ        | 1     |
| CIMAT     | 20    | UPCHIAPAS | 6     | UPTLAX    | 2     |            |       |
| UJAT      | 19    | CIATEJ    | 6     | UTEZ      | 2     |            |       |
| UTM       | 19    | CIATEJ    | 6     | CETI      | 2     |            |       |

La tabla 2.4 muestra las 37 empresas a las que los investigadores en ingeniería han estado adscritos al menos un año en el sistema, en esta tabla se puede apreciar que Grupo KUO reúne a 12 (19%) investigadores en sus 10 empresas, dentro de las cuales destacan las del sector automotriz tales como Pistones Moresa, TF Victor y Fritec. Hojalata y Lámina S.A. (Hylsa) industria siderúrgica tiene adscritos a sus instalaciones a 5 investigadores lo que representa un 8%,

PARCAR DESARROLLOS Y SERVICIOS, S.A. DE C.V. (Centro de Investigación de COMEX) alberga a 4 investigadores con un 7% de representación. Nematik S.A de C.V empresa dedicada a la fabricación de cabezas y monoblocks de aluminio, tiene como empleados 3 investigadores (5%), otro dato interesante en la industria de procesadores es Intel (Centro de Diseño) quien emplea a 2 investigadores.

Tabla 2.4. Distribución de investigadores en empresas en México.

| EMPRESA  | SIN's |
|--|-------|
| GRUPO KUO, S.A.B. DE C.V.  | 12    |
| HOJALATA Y LAMINA, S.A. DE C.V.                                  | 5     |
| PARCAR DESARROLLOS Y SERVICIOS, S.A. DE C.V.                     | 4     |
| NEMAK, S.A.  | 3     |
| INTEL TECNOLOGIA DE MEXICO, S.A. DE C.V.                         | 2     |
| LABORATORIO NACIONAL DE INFORMATICA AVANZADA                     | 2     |
| CORROSION Y PROTECCION INGENIERIA, S.C.                          | 2     |
| GIRSA, S.A. DE C.V.  | 2     |
| GRUPO ICA, S.A. DE C.V.  | 1     |
| GRUPO ALFA   | 1     |
| FRESCALE SEMICONDUCTOR MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.                | 1     |
| GRUPO LAMOSA, S.A. DE C.V.                                       | 1     |
| ESPECIALIDADES INDUSTRIALES Y QUIMICAS, S.A. DE C.V.             | 1     |
| CROUZET MEXICANA, S.A.   | 1     |
| CONDUCTORES MEXICANOS, S.A.                                      | 1     |
| CHRYSLER DE MEXICO, S.A. DE C.V.                                 | 1     |
| CENTRO KAPPA DE CONOCIMIENTO, S.C.                               | 1     |
| ARROBA INGENIERIA, S.A. DE C.V.                                  | 1     |
| ESTEVA MARABOTO CONSULTORES, S.C.                                | 1     |
| MOTOROLA DE MEXICO, S.A.   | 1     |
| TURBOMAQUINAS INGENIERIA AVANZADA, S.A. DE C.V.                  | 1     |
| TUBOS DE ACERO DE MEXICO, S.A.                                   | 1     |
| T-SYSTEMS MEXICO, S.A. DE C.V.                                   | 1     |
| SEISMIC INGENIERIA Y CONSTRUCCION, S.A DE C.V.                   | 1     |
| GRUPO TYPASA   | 1     |
| MSPV SEGURIDAD PRIVADA, S.A. DE C.V.                             | 1     |
| MINERA SAN JAVIER, S.A. DE C.V.                                  | 1     |
| METALSA, S. DE R.L.  | 1     |
| MAQUINARIA JERSA, S.A. DE C.V.                                   | 1     |
| JUGOS DEL VALLE, S.A. C.V.                                       | 1     |
| VITRO TEC FIDEICOMISO  | 1     |
| INDUSTRIAS NEGROMEX, S.A.  | 1     |
| POSTENSADOS Y DISEÑOS DE ESTRUCTURAS, S.A. DE C.V.               | 1     |
| ADVANCED SCIENTIFIC APPLICATIONS DE MEXICO S.A. DE C.V.          | 1     |
| GLOBAL CONSULTING PROFESSIONALS, S.A. DE C.V.                    | 1     |
| SMK ELECTRONICA, S.A. DE C.V.                                    | 1     |
| ARQUITECTURA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES INTEGRALES S.A. DE C.V. | 1     |

### 2.2.3. Entidad Federativa.

La política de investigación de fomentar la descentralización de la investigación, aún no llega a su objetivo, debido a que 5 entidades federativas de la zona centro de la republica concentran el 51% de los investigadores como se observa en la Fig. 2.6, estas son el Distrito Federal que ha concentrado a largo de 21 años el 28.7% (1064) de los investigadores en las Instituciones de esta demarcación, seguido por Morelos con 237 investigadores (6.4%), Puebla con 210 investigadores tiene una representación del 5.68%, Querétaro con 196

investigadores representa el 5.3% y el Estado de México un 4.9% con 183 investigadores. Sin embargo, existe estado que concentran una cantidad considerable de SIN's fuera de esta zona, como es el caso de Nuevo León (zona norte) quien es el tercer estado con más investigadores en ingeniería con 237, es decir, el 6.4% de representación global, Jalisco es otro estado que tiene una representación del 4.6% con 171 investigadores. También existen casos en los cuales existe una nula presencia de investigadores de ingeniería como Guerrero que ha contado con un solo investigador a lo largo del periodo de estudio.

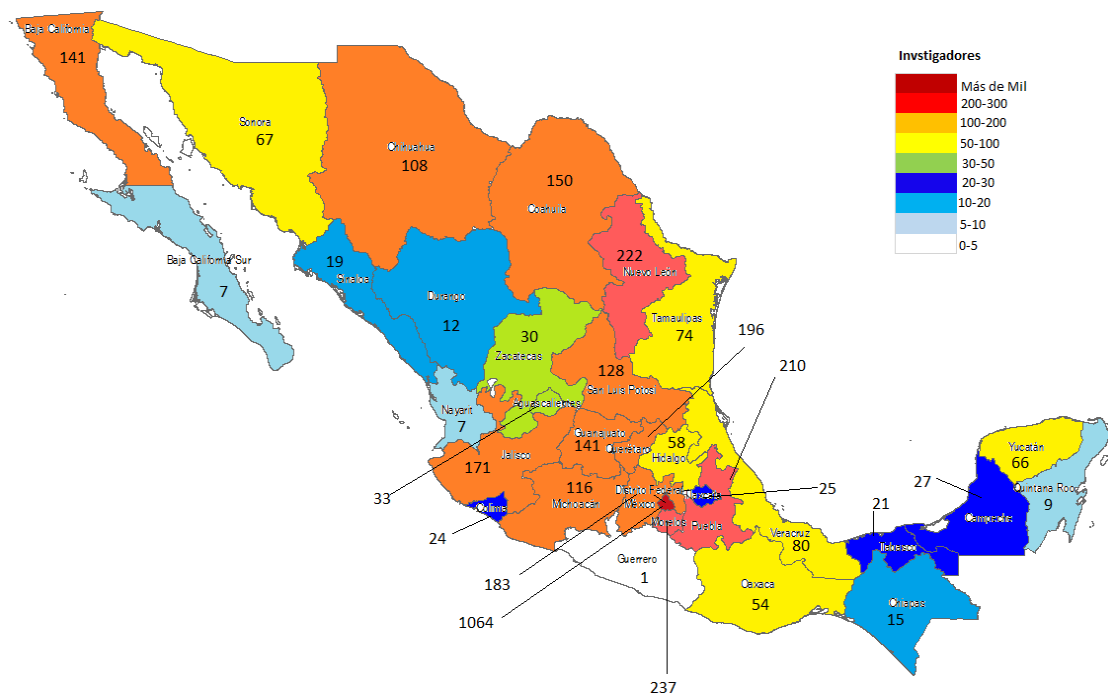


Fig. 2.6. Distribución de investigadores en ingeniería por entidad federativa (1991-2011).

Para el caso de la distribución de investigadoras por entidad federativa (Fig. 2.7) no cambia la situación, la zona centro reúne la mayor cantidad de investigadoras, el Distrito Federal, concentra el 27% de las mujeres, Morelos con 7.2% Puebla con 6.7%, el Estado de México con 6.4%, en este sentido algunos estados del norte destacan como Nuevo León con 5.6% y Coahuila con 5.1%.





California, Sonora y Chihuahua. En La zona centro dominan siete disciplinas, entre ellas destacan Tecnología Mecánica en Guanajuato y Querétaro; Tecnología e Ingeniería química en Hidalgo, Puebla y Tlaxcala; Tecnología de la Energía en Morelos; Tecnología del medio ambiente en el Estado de México y Tecnología en Electrónica en Puebla. En la zona sur destaca el caso de Chiapas por tener disciplinas “verdes” Tecnología de la Energía y Tecnología del Medio Ambiente. En el Occidente, Jalisco y Michoacán destacan en Tecnología e Ingeniería de la Electricidad y Nayarit en Tecnología de la Energía.

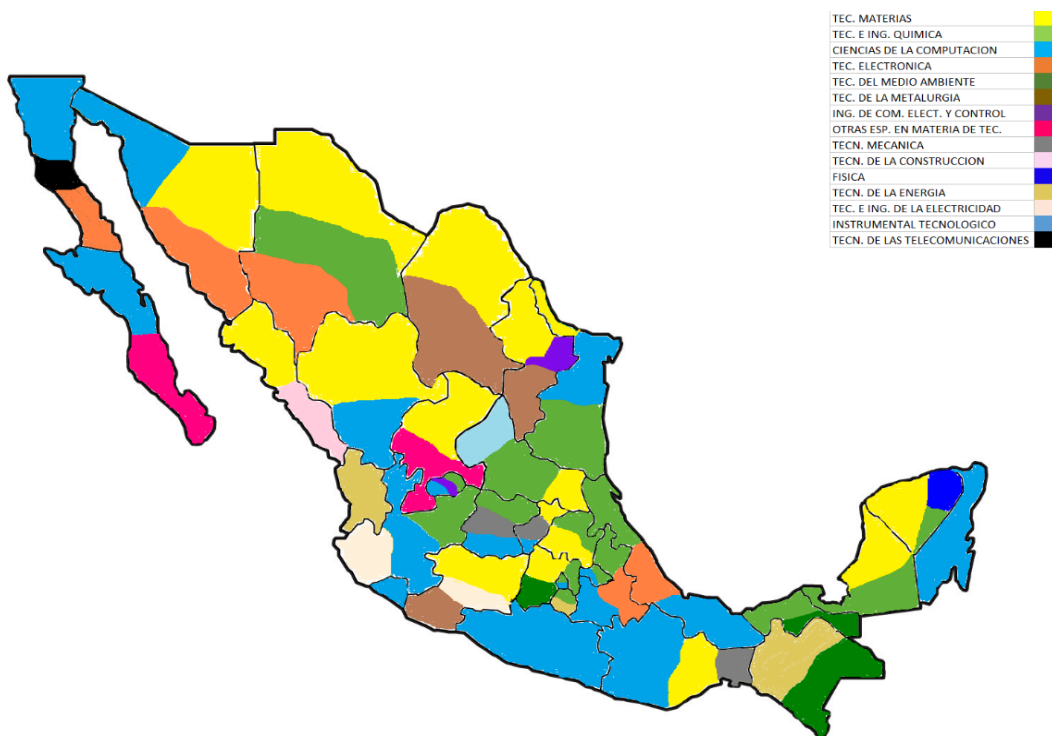


Fig. 2.8. Disciplinas de ingeniería representativas por entidad federativa (1991-2011).

#### 2.2.4. Formación de Capital Humano en Investigación.

La formación de recursos humanos es una parte vital de las políticas de desarrollo científico y tecnológico. En México el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) es uno de los organismos federales que tiene entre otros el objetivo fomentar la formación recursos humanos a través de becas de estudio de posgrado, ya sea a nivel nacional o internacional; en ambos casos, los egresados de estos programas serán los futuros investigadores altamente calificados que contribuirán con el crecimiento del sistema educativo nacional, desde universidades, centros de investigación, empresas hasta organizaciones

sin fines de lucro. En el caso de la formación de recursos humanos en Ingeniería, a lo largo del periodo de estudio, como se puede apreciar en la Figura 2.9, más de la mitad (2083) de los investigadores que han pertenecido al SNI-VII al menos un año han obtenido su grado académico en México, seguidos por 1363 investigadores que realizaron sus estudios algún país de Europa, 440 en alguna institución de Estados Unidos de América y 186 investigadores graduados en algún país del resto del mundo.

Los datos también indican que el país al cual los estudiantes mexicanos prefieren para estudiar algún postgrado en ingeniería en el extranjero es Francia el cual ha alojado el 24% de los investigadores graduados en el extranjero (Figura 2.10), seguido de Estados Unidos de América con el 22% de graduados, Inglaterra y España son el segundo y tercer país preferido de Europa por los mexicanos con 20% y 12% respectivamente.

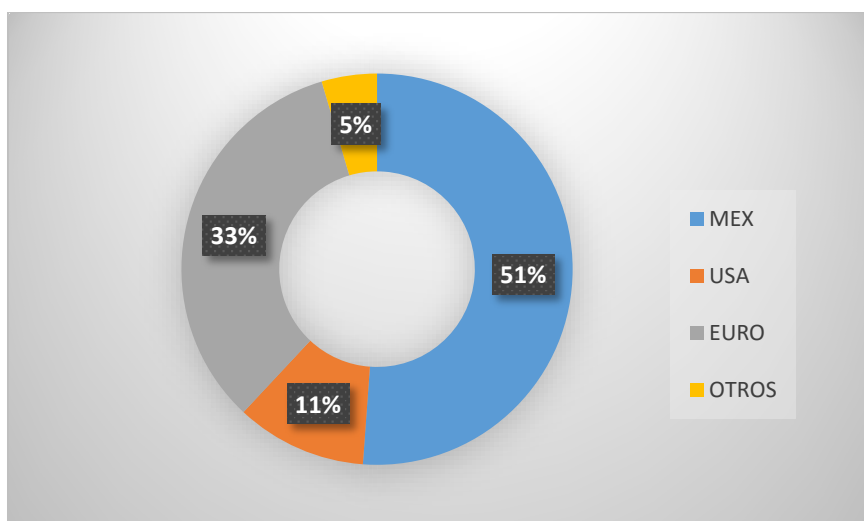


Fig. 2.9. Proporción de investigadores por País de obtención de grado (1991-2011).

Por último, la movilidad de los investigadores por país de obtención de grado se ve reflejada en la tabla 2.6, se puede apreciar que los investigadores con grado obtenido de Francia están concentrados de forma mayoritaria en la Ciudad de México, Estado de México y Morelos; los investigadores con grado de USA, se concentran en la Ciudad de México, Nuevo León y Guanajuato y los graduados en Inglaterra están ubicados en la ciudad de México, Morelos, Nuevo León y Coahuila.

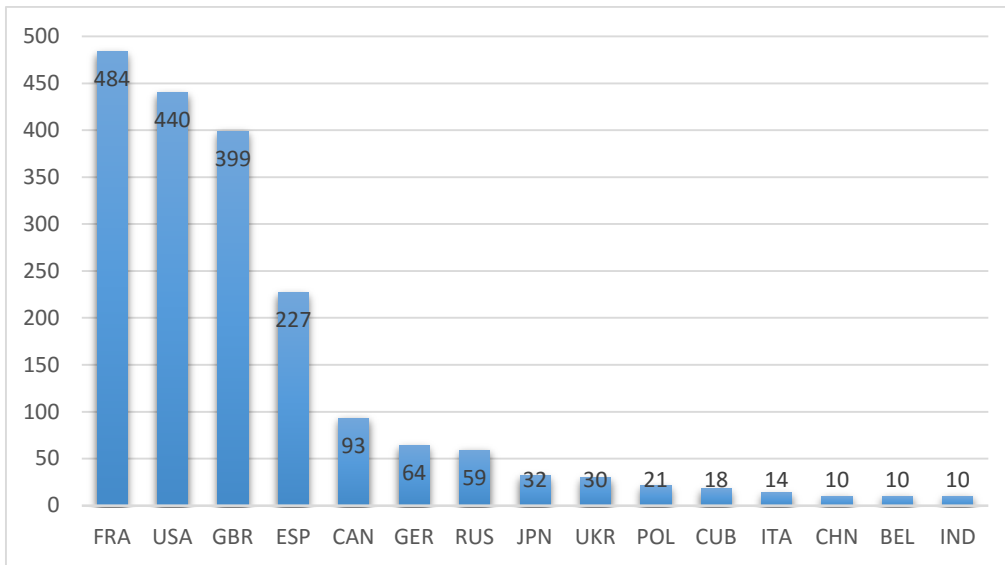


Fig. 2.10. Países con mayor cantidad de investigadores mexicanos en ingeniería graduados en sus universidades.

Tabla 2.5. Principales Disciplinas por Entidad Federativa (1991-2011).

|                                 | AGS | B.C. | B.C.S. | CAMP. | COAH. | COL. | CHIS. | CHIH. | D.F. | DGO. | GTO. | GRO. | HGO. | JAL. | MEX. | MICH. | MOR. | NAV. | N.L. | OAX. | PUE. | ORO. | Q.R. | S.L.P. | SIN. | SON. | TAB. | TAMS. | TLAX. | VER. | YUC. | ZAC. |
|---------------------------------|-----|------|--------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| TEC. MATERIAS                   | 1   | 3    |        | 5     |       | 32   | 39    | 1     | 79   | 2    | 7    |      | 7    | 14   | 20   | 21    | 21   |      | 52   | 6    | 8    | 40   | 1    | 14     | 3    | 18   | 2    | 6     | 1     | 5    | 14   | 5    |
| TEC. E ING. QUIMICA             | 6   | 8    |        | 9     | 1     | 9    | 12    |       | 12   | 1    | 27   |      | 2    | 31   | 18   | 12    | 23   |      | 8    | 5    | 13   | 9    | 1    | 20     | 2    | 5    | 5    | 12    | 4     | 14   | 8    | 1    |
| CIENCIAS DE LA COMPUTACION      | 5   | 34   | 2      |       | 1     | 5    | 6     | 8     | 83   |      | 20   | 1    | 7    | 16   | 7    | 8     | 17   |      | 6    | 13   | 26   | 16   | 2    | 8      | 2    | 8    |      | 19    | 4     | 9    | 4    |      |
| TEC. ELECTRONICA                | 3   | 16   |        | 1     | 2     | 7    | 4     |       | 57   | 2    | 10   |      | 4    | 15   | 8    | 4     | 12   | 1    | 6    | 2    | 47   | 6    | 1    | 10     |      | 6    |      | 3     | 1     | 7    |      |      |
| TEC. DEL MEDIO AMBIENTE         | 1   | 11   |        | 1     | 3     | 3    | 1     | 1     | 37   |      | 6    |      | 3    | 5    | 19   | 2     | 14   |      | 9    | 3    | 4    | 3    |      | 5      |      | 3    | 6    |       | 2     | 4    | 4    | 2    |
| TEC. DE LA METALURGIA           |     |      |        |       |       | 4    | 25    |       | 37   | 1    | 1    |      | 8    |      | 7    | 20    | 4    |      | 13   | 2    | 1    | 5    |      | 5      |      | 1    |      | 1     |       |      |      | 2    |
| ING. DE COM. ELECT. Y CONTROL   | 4   | 5    |        |       |       | 2    | 2     |       | 41   |      | 4    |      | 2    | 6    | 10   |       | 9    |      | 11   |      | 19   | 5    |      |        |      | 1    | 1    |       | 2     | 4    |      | 2    |
| OTRAS ESP. EN MATERIA DE TEC.   | 1   | 3    | 2      |       | 1     | 2    | 2     | 1     | 51   |      | 2    |      | 2    | 3    | 6    | 1     | 4    | 1    | 7    | 2    | 5    | 9    |      | 7      | 1    | 4    |      | 1     | 1     |      |      | 4    |
| TECN. MECANICA                  | 2   | 2    |        |       |       | 2    | 2     |       | 39   |      | 20   |      | 2    | 1    | 1    |       | 12   |      | 7    | 5    | 3    | 17   |      | 7      |      |      |      |       |       | 3    |      |      |
| TECN. DE LA CONSTRUCCION        | 3   | 1    |        |       | 1     | 3    |       | 1     | 41   |      | 3    |      | 2    | 1    | 7    | 8     | 6    |      | 7    | 3    | 1    | 11   |      |        | 6    | 1    | 1    | 1     |       | 3    | 4    |      |
| QUIMICA                         | 1   | 3    |        | 1     |       | 7    | 18    |       | 28   |      | 2    |      | 1    | 9    | 6    | 2     | 1    |      | 4    |      | 9    | 4    |      | 1      | 1    | 2    | 1    | 4     | 1     | 2    | 4    | 1    |
| FISICA                          |     | 3    |        | 1     |       | 5    |       |       | 40   |      | 2    |      | 1    | 2    | 3    | 2     | 3    |      | 6    | 1    | 10   | 8    |      | 6      |      | 3    |      |       | 2     | 1    | 6    |      |
| TECN. DE LA ENERGIA             |     | 2    | 1      | 1     | 4     | 1    | 1     | 1     | 15   |      | 3    |      |      | 1    | 4    | 4     | 39   | 2    | 6    | 1    |      | 8    | 2    |        |      | 2    | 1    |       |       | 1    | 4    | 2    |
| TEC. E ING. DE LA ELECTRICIDAD  |     | 2    | 1      | 2     |       |      | 4     | 3     | 21   | 1    | 7    |      | 3    | 17   | 2    | 12    | 7    | 1    | 6    |      |      | 1    |      | 6      |      |      |      | 1     | 2     |      |      |      |
| ING. DE MATERIALES              | 1   | 1    |        |       |       | 3    | 9     |       | 23   |      | 3    |      | 1    | 2    | 3    | 2     | 6    |      | 4    | 1    | 6    | 4    |      | 3      |      | 1    |      | 3     |       | 4    | 2    |      |
| TEC. DE LA INFORMATICA          |     | 6    |        | 1     | 1     | 2    | 1     | 2     | 25   |      | 2    |      | 2    | 7    | 4    | 1     | 7    |      | 6    |      | 6    | 3    |      |        |      |      | 1    |       |       | 5    | 1    |      |
| INSTRUMENTAL TECNOLÓGICO        | 1   | 7    |        |       |       |      | 1     | 2     | 23   | 1    | 2    |      | 1    | 2    | 4    | 1     | 6    |      | 2    | 1    | 4    | 9    |      | 11     |      |      |      |       |       | 1    | 1    | 1    |
| TECN. DE LAS TELECOMUNICACIONES | 1   | 13   |        | 1     |       |      |       | 1     | 29   |      |      |      |      | 5    | 1    |       | 2    | 1    | 7    |      | 5    | 1    | 1    | 3      |      | 2    |      | 5     |       |      | 1    | 1    |
| ING. QUIMICA                    |     |      |        |       |       | 1    | 2     |       | 24   | 1    | 2    |      |      | 3    | 3    | 1     | 3    |      | 7    |      | 1    | 1    |      | 1      |      | 1    |      | 3     | 1     | 2    | 1    |      |
| TECN. DE LA ALIMENTACION        |     |      |        |       |       | 2    | 1     |       | 4    | 1    |      |      | 1    | 3    | 5    | 1     | 3    | 1    |      | 3    | 3    | 1    |      | 1      | 1    | 5    | 1    | 2     | 1     | 7    | 3    |      |
| TEC. INDUSTRIAL                 | 2   |      |        |       |       | 3    | 4     |       | 7    |      |      |      | 3    | 4    | 1    | 1     | 1    |      | 10   |      | 1    | 6    |      |        |      |      |      |       |       | 3    | 1    |      |
| ING. ELECTRICA                  |     |      |        |       |       | 2    |       |       | 16   |      | 1    |      |      | 6    | 2    | 5     | 3    |      | 2    |      | 3    | 1    |      | 2      |      |      |      | 1     |       |      | 1    |      |

Tabla 2.6. Distribución de Investigadores por entidad federativa y país de obtención de grado.

|     | AGS | B.C. | B.C.S. | CAMP | COAH | COL. | CHIS. | CHIH. | D.F. | DGO. | GTO. | GRO. | HGO. | JAL. | MEX. | MICH. | MOR. | NAY. | N.L. | OAX. | PUE. | ORO. | Q.R. | S.L.P. | SIN. | SON. | TAB. | TAMIS | TLAX. | VER. | YUC. | ZAC. |   |   |  |
|-----|-----|------|--------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|---|---|--|
| ARG |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       | 1    |      | 1    |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| AUS |     | 1    |        |      |      |      |       |       | 2    |      |      |      |      |      |      |       |      |      | 1    |      |      |      | 1    |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| AUT |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| BEL |     |      |        |      |      |      |       | 4     |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      | 3    |      |      |        |      |      | 1    |       |       | 1    |      |      |   |   |  |
| BGR |     | 1    |        |      |      |      |       | 1     |      |      |      |      |      |      |      |       | 1    |      |      |      |      | 1    |      |        |      |      |      |       |       |      | 1    | 1    |   |   |  |
| BLR |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      | 1    |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| BRA |     |      |        |      |      |      |       | 5     |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      | 1    |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| BUL |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| CAN |     | 2    |        |      | 8    |      |       | 3     | 17   |      | 2    |      |      | 5    | 3    | 9     | 8    |      | 5    | 3    | 2    | 3    |      | 2      |      | 1    |      | 1     | 1     | 1    |      | 3    |   |   |  |
| CUB |     |      |        | 1    |      |      |       | 3     | 6    |      |      |      |      | 3    |      |       |      |      | 2    |      | 1    |      |      |        |      |      | 1    |       |       | 1    |      |      |   |   |  |
| CZE |     |      |        |      |      |      |       | 5     |      |      |      | 1    |      | 1    |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| CHE |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      | 1    |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| CHI |     |      |        |      | 1    |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 1     |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| CHN |     |      |        |      |      |      |       |       | 4    |      |      |      |      |      |      |       | 1    |      |      |      |      | 1    |      | 1      |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| DNK |     |      |        |      |      |      |       | 4     |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| ESC |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       | 1    |      |      |      |      | 1    |      | 1      |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| ESP | 4   | 12   | 1      | 2    | 4    | 4    | 3     | 9     | 38   | 2    | 16   |      | 8    | 16   | 12   | 8     | 10   |      | 7    | 5    | 5    | 7    | 1    | 11     |      | 4    | 3    | 6     |       | 5    | 2    |      |   |   |  |
| FIN |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| FRA | 3   | 13   |        |      | 16   |      | 1     | 4     | 125  |      | 13   |      | 11   | 16   | 31   | 3     | 28   | 1    | 23   | 10   | 20   | 23   |      | 15     |      | 5    | 3    | 12    | 4     | 15   | 4    | 1    |   |   |  |
| GBR | 1   | 5    | 1      | 1    | 21   | 5    | 2     | 10    | 96   | 1    | 12   |      | 3    | 12   | 13   | 17    | 31   |      | 29   | 6    | 15   | 17   |      | 7      | 1    | 2    | 1    | 2     | 1     | 9    | 10   | 1    |   |   |  |
| GEO |     |      |        |      |      |      |       |       | 1    |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| GER |     | 3    |        |      | 1    |      |       |       | 22   |      | 2    |      |      | 4    | 2    | 1     | 1    |      | 6    |      | 3    | 3    |      | 2      |      |      |      | 2     | 1     |      | 2    |      |   |   |  |
| HOL |     | 1    |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| HUN |     |      |        |      |      |      |       | 1     |      |      |      |      |      | 1    |      |       |      |      |      |      |      |      | 1    |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| IND |     |      |        |      |      |      |       | 5     |      |      |      |      |      |      | 1    |       | 3    |      |      |      |      | 1    |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| IRL |     |      |        |      | 1    |      |       | 1     |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| ISR |     | 1    |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| ITA |     |      |        |      |      |      |       | 5     |      |      |      |      |      | 1    |      |       | 2    |      | 1    |      | 2    |      |      | 1      |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| JPN |     | 1    |        |      | 3    |      |       | 2     | 13   |      |      |      |      |      | 2    | 1     |      |      | 2    | 1    | 5    | 1    |      | 1      |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| KAZ |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      | 1    |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| LVA |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       | 1    |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| MEX | 22  | 80   | 5      | 22   | 79   | 13   | 9     | 58    | 560  | 4    | 68   | 1    | 35   | 86   | 95   | 61    | 123  | 6    | 90   | 29   | 116  | 116  | 8    | 62     | 14   | 44   |      | 43    | 17    | 43   | 36   | 20   |   |   |  |
| NLD |     |      |        |      |      |      |       |       | 2    |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      | 2    |      |      | 1      |      |      |      |       |       |      |      |      | 1 |   |  |
| NOR | 1   |      |        |      |      |      |       | 1     |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| NPI |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| NZL |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 1     |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| POL |     | 2    |        |      | 3    |      |       | 4     |      |      | 1    |      |      |      | 1    |       | 1    |      | 1    |      | 3    | 1    |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| PRT |     |      |        |      |      | 1    |       | 1     |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   | 1 |  |
| RUS |     | 5    |        |      | 1    |      |       | 2     | 31   |      |      |      |      | 3    |      |       | 1    |      | 4    |      | 3    | 1    |      | 2      | 1    |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| Sco |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| SVK |     | 1    |        |      |      |      |       |       | 1    |      |      |      |      |      |      | 1     |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| SWE |     |      |        |      |      |      |       | 1     | 1    |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      | 1    |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| THA |     |      |        |      | 1    |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
| UKR |     | 3    |        | 1    |      |      |       |       | 16   |      | 1    |      |      |      |      |       | 3    |      |      |      | 2    | 3    |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      | 1 |   |  |
| USA | 2   | 10   |        |      | 11   | 1    |       | 15    | 80   | 5    | 26   |      |      | 23   | 18   | 12    | 17   |      | 45   |      | 22   | 15   |      | 21     | 3    | 11   | 1    | 7     | 1     | 4    | 8    | 4    |   |   |  |
| VEN |     |      |        |      |      |      |       | 1     |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |
|     |     |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      | 1    |      |        |      |      |      |       |       |      |      |      |   |   |  |

## CAPITULO III

# LOS EFECTOS DE LA COLABORACIÓN EN LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN EN LA INGENIERÍA MEXICANA (1981-2007)

### 3.1. Trabajos Relacionados.

Los estudios en colaboración han aumentado considerablemente, así como el interés por utilizar herramientas cuantitativas para estudiar y evaluar la colaboración científica y su impacto en los resultados de investigación. Sin embargo existen diferentes enfoques para su estudio, en esta sección presentaremos los trabajos relacionados a nuestra investigación por el tipo de enfoque, es decir: primero por el impacto de la colaboración en la productividad científica y segundo por el análisis de redes de coautoría y su impacto en la productividad científica. Algunos de los más relevantes estudios son analizados en esta sección.

#### 3.1.1 Efectos de la colaboración en la productividad científica.

Uno de los primeros estudios en colaboración en investigación es realizado por Price & Beaver (1966) que analiza los patrones de colaboración de 592 publicaciones científicas. Ellos encontraron que los autores más prolíferos también son, por mucho, los más colaborativos. En una perspectiva diferente a la de Price & Beaver, Zukerman (1967), entrevistó a 41 premios nobel. Él encontró que existe fuerte relación entre la colaboración y la productividad: los condecorados publican más y son más propensos a colaborar que una muestra equivalente de científicos sin tal distinción. Nudelman & Landers (1972), aplicando una combinación de entrevistas y cuestionarios, sugieren que el crédito total dado por la comunidad científica a todos los autores de un artículo en colaboración es más en promedio que el crédito recibido a un autor en un artículo sin colaboración. Así como el número de coautores también parece estar fuertemente relacionado con el impacto del artículo. En un estudio de 1859 artículos del Journal de Astronomía, Gordon (1980) encontró una relación significativa entre los artículos multiautor enviados a revisión y su frecuencia de aceptación en el Journal.



En un estudio de musicología, Pao (1982) también encontró una fuerte relación entre productividad y colaboración; aunque sólo el 15 % de la literatura fue en colaboración, con esto, él encontró que los musicólogos que han colaborado, también la mayoría eran los más productivos, lo más importante de su trabajo fue que confirmó que los investigadores en ciencias humanas tienden a trabajar solos. Tres años más tarde Diamon (1985) a través de un estudio con matemáticos de Berkeley, sugiere que las citas para los artículos multiautor tienen más valor para los autores en cuanto a los efectos sobre su capacidad de generar ingresos o incrementar su salario que las citas recibidas en artículos de un solo autor. Más tarde Lawani (1986) con un estudio de 870 artículos de 1974 a 1978 sobre el cáncer, demostró que, tal como el número de autores por artículo incrementa, la proporción de artículos de alto impacto también incrementa (i. e., Artículos con alto número de citas recibidas); en ese mismo año Pravdić & Oluić-Vuković, analizaron los patrones de colaboración en química a nivel individual y grupal de los investigadores en Croacia con 1576 artículos, ellos encontraron que la producción científica medida por las publicaciones es muy dependiente de la frecuencia de la colaboración entre autores, argumentando que la productividad se ve afectada por el tipo de vínculos de colaboración, es decir, mientras que la colaboración con científicos con alta productividad tiende a incrementar la productividad personal, colaborar con aquellos con baja productividad generalmente decrece la producción personal.

Narin & Whitlow (1990) estudiaron 28 campos de la ciencia europea, encontraron evidencia que los artículos internacionales son citados dos veces más que los artículos escritos por científicos adscritos a una sola institución en un solo país, para ellos estos resultados sugieren que la ciencia europea vinculada a nivel internacional es de tan alto impacto como cualquier otra ciencia en el mundo. Usando información basada en currículos vité y en encuestas a 443 científicos estadounidenses, Lee & Bozeman (2005), encontraron que el número de artículos revisados por pares se relaciona positivamente con el número de colaboradores y que la colaboración es un fuerte predictor de la productividad. Sin embargo, cuando la productividad es medida por conteo fraccional, esto es el número de publicaciones divididas por el número de coautores, no existe una relación significativa entre la colaboración y las publicaciones.

En Europa, Frenken, Hölzl y Friso de Vor (2005), analizaron la producción del conocimiento europeo en biotecnología de 1988 a 2002, enfocándose en el papel que juega la colaboración la creación del conocimiento. Un aspecto importante de esta investigación es que distingue entre dos tipos de colaboración: en primera estancia, de forma geográfica (nacional, europea e internacional) y de segunda forma, entre instituciones (entre academia, fuera de academia e híbrido), con tales distinciones, ellos encontraron que la difusión del conocimiento académico medido como la tasa de citas es dependiente de las características inter e intra-organización de la colaboración. También encontraron que el número de autores y el número de instituciones contribuyen positivamente y significativamente al número de citas recibidas por artículo. Así mismo encontraron que la colaboración internacional incrementa el impacto en citas comparada con la nacional y por último se tiene un efecto negativo en las citas cuando la colaboración es entre academia.

Lin He, Xue-Song y Campbell-Hunt (2009) desarrollaron una base longitudinal de 65 científicos biomédicos de universidades de Nueva Zelanda con sus publicaciones en un periodo de 14 años, ellos encontraron que a nivel artículo la colaboración internacional e inter-universidad están relacionadas positivamente con la calidad de los artículos. A nivel científico sólo la colaboración internacional tiene un impacto positivo en la producción futura.

### 3.1.2. Análisis de las redes de coautoría y su impacto en la producción científica.

El análisis de redes sociales surgió bajo la idea de que los individuos están inmersos en grandes redes de relaciones sociales e interacciones, haciendo de ellos más productivos. Dos puntos de vista opuestos sobre la estructura del análisis de redes han surgido: Closure (Coleman J., 1988,1990) y Structural Holes (Burt, 1992).

La perspectiva Closure (Cercanía), sugiere (Coleman J. , 1988) que entre más alta sea la densidad de una red, mayor será la confianza y la identificación del grupo (Portes & Sensenbrenner, 1993) lo que facilita el intercambio, la

coordinación y la acción colectiva que estimula la unión de intereses individuales en la búsqueda de iniciativas comunes (Pfeffer, 1983) (McCain, O'Reilly, & Pfeffer, 1983).

El segundo enfoque se basa en los Huecos estructurales (Structural Holes) o vacíos entre los nodos de las redes sociales (Burt, 1992), este punto de vista asume que existen beneficios de la información, ya que los actores que desarrollan lazos con grupos no conectados o relacionados acceden a una gama más amplia de ideas y oportunidades. Los equipos que incluyen miembros de diversas categorías demográficas son entonces benéficos, porque estos equipos generan lazos entre personas con diferentes habilidades, información y experiencia. Esos lazos entre equipos sirven como un puente en los huecos estructurales en toda la organización, fortaleciendo así la capacidad de acción creativa (Ancona & Cadwell, 1992; Bantel & Jackson, 1989).

Finalmente lo que podemos decir es que las dos perspectivas en capital social no están en conflicto una con la otra, Mientras que la perspectiva en "closure" se enfoca en la presencia o ausencia de relaciones a nivel iteración local. Los huecos estructurales son los responsables de los beneficios de la información y son aquellos que dividen al sistema social en forma global.

Uno de los primeros trabajos que explora el impacto de las redes en la productividad de equipos fue el realizado por Reagans & Zukerman (2001) usando entrevista y cuestionarios aplicados de 1985 a 1986 a 224 equipos en investigación y desarrollo (R&D) de 29 corporaciones en 7 campos industriales: automotriz, química, electrónica, aeroespacial, farmacéutica, biotecnología y petrolera (no mencionan el país de origen) realizaron un estudio de productividad a nivel equipo; ellos encontraron que los equipos de R&D que tienen redes de iteración más densas logran un mayores niveles de productividad que aquellos con redes dispersas.

González-Brambila, et al (2013) analizaron cómo las diferentes dimensiones de una red en torno a un investigador afectan su productividad e impacto; ellos encontraron que: la dimensión relacional de la red afecta la calidad, pero no la cantidad, mientras que la dimensión cognitiva tiene el efecto opuesto. En cuanto a las relaciones estructurales, estas tienen un cierto grado de convergencia entre

calidad y cantidad, encontrando una prevalencia de la función de mediación sobre la cohesión.

Singh J. (2007), analizo cómo la colaboración externa afecta a la creación de conocimiento, para tal fin, él considero tres tipos de colaboración: colaboración entre los países; colaboración entre organizaciones, y; colaboración entre las empresas y las organizaciones sin fines de lucro, además consideró variables de red tales como el número de contactos directos; fuerza de los lazos, y; no redundancia de las relaciones interpersonales. Los resultados de la aplicación del modelo en una muestra de 84,790 artículos tomados del ISI en la categoría de Biotecnología y Microbiología aplicada fueron los siguientes: la colaboración externa mejora de manera significativa la productividad futura de los científicos colaboradores en términos de nuevas publicaciones, los artículos que implicaban la colaboración externa tienen mayor impacto en las citas que los que no lo hacen, los resultados fueron similares para las tres variables de redes que tuvieron un efecto positivo y significativo. También se encontró que la colaboración externa ha llevado a un aumento en el número de contactos directos del científico y la creación de vínculos interpersonales como puente a través comunidades científicas dispersas.

Otro estudio que se sólo se enfoca en la dimensión estructural de las redes sociales es el desarrollado por Yan & Ding (2009), usando datos de coautoría de 16 revistas en el campo de la Biblioteconomía y Ciencia de la Información en un periodo de veinte años (1988-2007) estudiaron cómo cuatro medidas de centralidad (cercanía, intermediación, grado y PageRank) impactan en el conteo de citas de las publicaciones. Ellos encontraron que las cuatro medidas de centralidad son significativas y se correlacionan positivamente con el número de citas recibidas.

Finalmente Li et al (2013) proponen que el arraigo del capital social en una estructura social, es una forma efectiva para alcanzar más impacto en las publicaciones. Ellos emplearon en su estudio seis indicadores para definir el capital social (centralidad de grado, cercanía, intermediación, coautor conteo y publicación tenencia prolífica) e investigaron cómo estos indicadores interactúan y afectan las citas recibidas en las publicaciones. Considerando 704 artículos de 137 académicos de las Ciencias de la Información en un período de cinco años

(1999-2003), los autores encontraron que la intermediación es la variable que juega el papel más importante en el aprovechamiento de los recursos no redundantes en un red de coautoría, es decir, los investigadores que están conectados entre sí con otro grupo de investigación, pueden adquirir de manera más eficiente los recursos necesarios de otros grupos en la red.

### 3.2. Datos y Método.

Se obtuvo acceso a información de 27,667 investigadores de todos los campos del conocimiento, que han sido parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), por lo menos un año, de 1991 a 2007, sin embargo el objetivo de este trabajo es estudiar a los investigadores en Ingeniería, por tanto, seleccionamos a los miembros de al área VII del SNI que pertenece al área de Ingenierías, lo cual nuestra muestra se ajusta a 2150 investigadores.

Si bien el área de ingeniería en el SNI no es la más productiva en cuanto a artículos publicados en el ISI, nosotros la seleccionamos debido a que la ingeniería en México representa un área estratégica la cual no ha sido lo suficientemente explorada, además, se podría esperar encontrar mayor colaboración con la industria que en otras áreas del conocimiento como las ciencias naturales. Otra razón es que es posible que la investigación en ingeniería tienden a abordar los problemas más locales o regionales que otras áreas que abordan las preocupaciones más universales.

Para medir los resultados de investigación, se obtuvo una base de datos de publicaciones y citas del Science and Social Sciences Citation Index, desarrollado por el Institute of Scientific Information (ISI). Las publicaciones fueron obtenidas mediante un cruce de información entre la base del SNI con la del ISI de 1981 a 2007, junto con las citas correspondientes a cada artículos al 2007 (ISI, 2008), obteniendo así, una muestra de 14,275 artículos publicados en dicha ventana de tiempo. La Fig. 3.1 muestra la evolución de las publicaciones indexadas en ISI de los miembros del SIN VII, como se puede observar a partir de los 90's existe un acelerado crecimiento de estas.

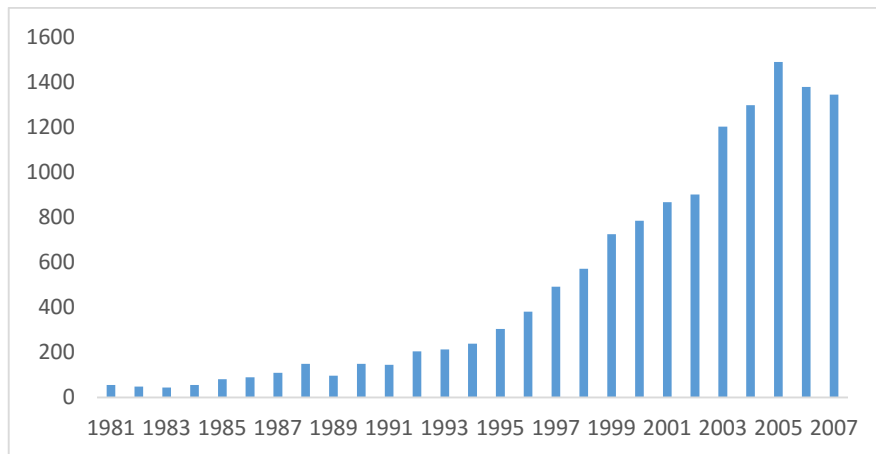


Fig. 3.1. Evolución de la publicaciones Mexicanas en ingeniería, 1981-2007

### 3.2.1 Variables.

El objetivo de este artículo es determinar cómo la colaboración en investigación y las características de la red formada por dicha colaboración afectan los resultados de investigación, de acuerdo con lo anterior, los resultados de investigación que en este caso son las variables dependientes, serán medidos en dos variables, la primera es por el número de publicaciones que un investigador ha publicado, y la segunda son las citas de cada publicación recibidas en los subsecuentes años. Con respecto a las variables independientes, se dividen en dos grupos, el primero por el tipo de colaboración y segundo por las características de la red de investigación.

Variables de Colaboración.

- Coautoría internacional. Cuando un artículo tiene direcciones reportadas en más de un país.
- Coautoría intrainstitucional. Si un artículo tiene una sola dirección, pero más de un autor.
- Coautoría interinstitucional. Cuando un artículo tiene más de una dirección reportada, pero un solo país.
- Coautoría academia-industria. Si un artículo reporta afiliación a una o más empresas.
- Coautoría academia-gobierno. Si un artículo reporta como afiliación a una entidad gubernamental.

## VARIABLES DE REDES.

En este estudio aplicaremos las tres medidas clásicas de centralidad (grado, cercanía e intermediación) y dos variables de redes egocéntricas (huecos estructurales y densidad)

- **Grado nodal.** El grado de centralidad de un nodo ( $n_i$ ) denotada por  $C_D$  es igual al número de nodos que son adyacentes al nodo ( $n_i$ ), o en otras palabras, el número de contactos únicos ( $e_{ij}$ ) que tiene el vértice ( $n_i$ ) (Wasserman & Faust, 1994). El grado Normalizado de centralidad,  $C'_D(n_i)$  se calcula dividiendo el grado nodal  $n_i$  por el número total de nodos,  $n$ , excluyendo  $n_i$  como  $(n-1)$ . Por tanto el grado normalizado está representada por:

$$C'_D(n_i) = \frac{C_D(n_i)}{(n-1)} = \frac{\sum_j e_{ij}}{n-1}$$

- **Cercanía.** La cercanía de centralidad de un nodo ( $n_i$ ) denotada por  $C_C(n_i)$ , es la suma de las distancias geodésicas de todos los otros nodos en una red (Wasserman & Faust, 1994). La distancia geodésica es el camino más corto para unir a dos nodos ( $n_i$  y  $n_j$ ) o la distancia (vector) entre esos dos nodos la cual se representa por  $d(n_i, n_j)$ , entonces la sumatoria de la distancia geodésica es  $\sum_j^n d(n_i, n_j)$  y por tanto la cercanía, es la inversa de la suma de las distancias más cortas entre cada individuo y cualquier otra persona en la red. la cercanía normalizada se calcula multiplicando  $C_C(n_i)$  por  $(n-1)$  cuya ecuación está representada por:

$$C'_C(n_i) = C_C(n_i)(n-1) = \frac{n-1}{\sum_j^n d(n_i, n_j)}$$

- **Intermediación.** La centralidad de intermediación de un nodo ( $n_i$ ) denotada por  $C_B(n_i)$ , es la suma de la relación del número de geodésicas,  $g_{jk}(n_i)$ , que unen los nodos  $n_j$  y  $n_k$  que contiene el nodo  $n_i$ , con el número total de geodésicas  $g_{jk}$  que une los nodos  $n_j$  y  $n_k$ , (Wasserman & Faust, 1994), o se puede definir como el número de caminos geodésicos (distancia más corta entre todos los pares de nodos (Borgatti S. P., 2005)

que pasan a través de un nodo  $n_i$ , la ecuación de la intermediación está dada por:

$$C_B(n_i) = \sum_{i < j}^n \sum_j^n \frac{g_{jk}(n_i)}{g_{jk}}$$

La intermediación normalizada  $C'_B(n_i)$ , la cual tiene valores del rango de 0 a 1, se puede calcular dividiendo a la intermediación por  $(n-1)(n-2)/2$ , lo anterior indica el número de pares no incluidos  $n_i$  por lo que la intermediación normalizada está dada por:

$$C'_B(n_i) = \frac{C_B(n_i)}{(n-1)(n-2)/2} = \frac{2 * C_B(n_i)}{n^2 - 3n + 2}$$

- **Eigenvector.** Basado en la idea de que un nodo es más central, si este está vinculado con nodos que están bien relacionados o que por sí mismos ya son centrales (Bonacich, 1972), este vector implica que la centralidad de un nodo no depende únicamente del número de sus nodos adyacentes (i.e: grado nodal). El Eigenvector de un nodo ( $n_i$ ) denotado por  $C_E(n_i)$ , es el múltiplo positivo de la suma de la matriz adyacente de centralidad es decir:

$$\lambda * C_E(n_i) = \sum_{k=1}^n (a_{ij} * C_E(n_i)) \quad \forall i$$

donde  $a_{ij} = 1$  si el vértice  $i$  es conectado con el vértice  $j$ , y  $a_{ij} = 0$  si ocurre lo contrario, la centralidad de todos los nodos es representada  $c = C_E(n_i) = (C_D(n_1), C_D(n_2), \dots, C_D(n_n))$  y  $\lambda$  es un escalar. Lo anterior se puede escribir mediante la notación  $\lambda c = A c$ , la cual, es la ecuación característica para encontrar el eigensistema de una matriz  $A$  (Wasserman & Faust, 1994). Por convención, el eigenvector de centralidad está dado por el valor más grande de  $\lambda$  (Borgatti, Everett, & Freeman, 2002), el cual se puede medir mediante la siguiente expresión:

$$C'_E(n_i) = \frac{C_E(n_i)}{\sqrt{2}}$$

Un nodo, el cual está conectado con otros muchos nodos que a su vez están bien conectados tendrá un alto vector mientras que un nodo que tiene pocas conexiones por ende tendrá un bajo valor. Intuitivamente, los



nodos que poseen un valor alto de esta medida de centralidad están conectados a muchos nodos que a su vez están bien conectados, también en este sentido; por lo tanto, son buenos candidatos para difundir información, divulgar rumores o enfermedades, etc.

- Huecos Estructurales. Los Huecos estructurales son la ausencia de un vínculo entre dos contactos, los cuales están asociados a un actor. Esta variable es obtenida por la ecuación de restricción de Burt (1992), que en esencia es una medida del grado en que un nodo se relaciona con otros nodos que están conectados con otro relacionados entre sí. Conceptualmente la restricción se refiere a la cantidad de espacio que tiene que negociar o explotar los potenciales agujeros estructurales en la red. Las oportunidades se ven limitadas o restringidas para un nodo  $i$  en la medida en que otro de sus contactos, nodo  $q$ , en la cual el nodo  $i$  ha invertido gran parte de su tiempo y energía a la red, tenga una fuerte inversión con otro nodo  $k$ .
- Densidad. La densidad es la división del número de lazos de un nodo  $n_i$  entre el número de pares que tiene la red del nodo  $n_i$ . Esta medida densidad local (ego densidad) indica el grado de colaboración o de cohesión entre los coautores que cada investigador se relaciona. La cual puede ser medida usando la siguiente expresión:

$$D=T/n(n-1)$$

Donde los lazos  $T$  son unidireccionales. (Wasserman & Faust, 1994).

Todas las variables de centralidad fueron calculadas con el software de análisis de UCINET 6.523 (Botrgatti et al, 2002).

### 3.2.2. Modelo.

Para nuestro análisis, nosotros usamos una extensa base de datos longitudinal (Panel Data) debido a que el comportamiento de los científicos es observable a través del tiempo, esta base, contiene la información de los resultados de

investigación de los investigadores mexicanos que pertenecen al área de ingeniería del SNI así como sus variables de redes y los tipos de coautoría.

El modelo general es:  $Y_{it} = \beta_1 X_{it} + \alpha_i + u_{it}$ , donde  $Y_{it}$  son las variables dependientes (publicaciones y citas)  $i$ = la entidad (investigador) y  $t$ =al tiempo;  $\beta_1 X_{it}$  son las variables explicativas (tipo de colaboración y variables de redes);  $\alpha_i$  ( $i=1\dots n$ ) es el intercepto desconocido para cada investigador ( $n$  interceptores específicos por investigador) y  $u_{it}$  es el término error.

En nuestro caso, las variables dependientes toman valores enteros positivos o valores igual a cero (en un porcentaje no despreciable) motivo por el cual son variables del tipo recuento (Count Data) y para no perder información emplearemos un modelo de regresión lineal. Aunque para dichos modelos el método clásico es la regresión de Poisson (Hilbe, 2011), el cual supone una igualdad en su media y varianza, en los casos que los datos presentan una frecuencia de ceros, el modelo de Poisson puede ser inconsistente y tener una sobredispersión, por tal motivo un modelo alternativo es el método de la regresión binomial negativa (MBN). Sin embargo para poder seleccionar entre uno y otro es necesario realizar un test de Razón de Verisimilitud el cual determina si existe o no sobredispersión, para nuestro modelo la prueba arrojó como resultado que existe una sobredispersión y por tanto el modelo idóneo es el MBN (alpha mayor a cero).

Debido a la naturaleza del panel de datos y que nuestro objetivo es analizar el impacto de las variables que varían con el tiempo, seleccionamos el modelo de binomial negativo con efectos fijos (MBN, fe), además que efectos fijos explora la relación entre el predictor y las variables de salida entre individuos, que en nuestro caso, permite entender como las características de la red de investigador son relevantes para los resultados de investigación. Al emplear efectos fijos asumimos que todas las características invariantes en el tiempo son únicas para el investigador y estas no están correlacionadas con otras características individuales. Cada investigador es diferente por tanto el término error de cada científico y la constante (la cual captura las características individuales) no deben estar correlacionados con los otros. La idea clave es que si la variable no observada no cambia con el tiempo, entonces cualquier cambio en la variable

dependiente debe ser debido a influencias distintas a estas características fijas (Stock & Watson, 2003). Sin embargo para asegurar la consistencia de nuestro modelo, este fue sometido a la prueba de Hausman, para decidir si optar por efectos fijos o efectos aleatorios, dado el resultado del valor de P, es consistente el MBN,fe.

### 3.2.3. Construcción del modelo.

Como mencionamos anteriormente, en nuestra investigación tenemos dos variables dependientes que representan los resultados de la investigación de los científicos mexicanos en ingeniería, la primera (Publicaciones) mide el conteo lineal de las publicaciones que el investigador publica en ISI en un periodo de dos años. La segunda (citas) infiere la calidad de dichas publicaciones al añadir el número de citas que las publicaciones han recibido en los subsecuentes 4 años de su publicación. En el caso de las variables por el tipo de colaboración, (interinstitucional, intrainstitucional, internacional, academia-empresa y academia-gobierno), es el conteo lineal de los artículos publicados según su categoría por el investigador en ISI, en los tres años posteriores. Y como variable de control en esa misma ventana de tiempo optamos por contar los artículos que un investigador ha publicado como autor único. Para el cálculo de las variables relevantes de red de cada investigador, nosotros optamos por no tomar las características contemporáneas de la red, si no por las del pasado inmediato, lo que significa que nosotros evaluamos como las características de la red del pasado inmediato afectan el desempeño en la investigación.

En resumen la tabla 3.1 muestra los 8 periodos a estudiar, a manera de ejemplo, para el periodo 1, se toman las publicaciones que el investigador publicó en una ventana de dos años (1992 y 1993), para el caso de las citas, es la sumatoria de las citas de dichos artículos, que recibieron durante los cuatro años posteriores a la publicación (de 1992 a 1995); para evaluar los efectos de las publicaciones pasadas, se analizaron los artículos acorde al tipo de colaboración, que publicados tres años atrás (de 1989 a 1991) y por último para medir los efectos

de la inserción a la red de colaboración, se evaluaron las características importantes de tres años atrás de las publicaciones (de 1989 a 1991).

Tabla 3.1 Periodos

| Periodo | T (Pubs)  | citas t+4           | t-1 (redes)    | t-1 (colaboración) |
|---------|-----------|---------------------|----------------|--------------------|
| 8       | 2007/2006 | 2006/2007/2008/2009 | 2005/2004/2003 | 2005/2004/2003     |
| 7       | 2005/2004 | 2004/2005/2006/2007 | 2003/2002/2001 | 2003/2002/2001     |
| 6       | 2003/2002 | 2002/2003/2004/2005 | 2001/2000/1999 | 2001/2000/1999     |
| 5       | 2001/2000 | 2000/2001/2002/2003 | 1999/1998/1997 | 1999/1998/1997     |
| 4       | 1999/1998 | 1998/1999/2000/2001 | 1997/1996/1995 | 1997/1996/1995     |
| 3       | 1997/1996 | 1996/1997/1998/1999 | 1995/1994/1993 | 1995/1994/1993     |
| 2       | 1993/1995 | 1994/1995/1996/1997 | 1993/1992/1991 | 1993/1992/1991     |
| 1       | 1993/1992 | 1992/1993/1994/1995 | 1991/1990/1989 | 1991/1990/1989     |

### 3.3. Resultados.

En la tabla 3.2 muestra la estadística descriptiva de todas las variables. Nuestra muestra de investigadores tiene una media 0.98 publicaciones por dos años con una desviación estándar de aproximadamente 2.5 publicaciones, con un promedio de 12 coautores por artículo y cada investigador recibió en promedio 3 citas en los próximos cuatro años, así como una media de 3 contactos directos por autor. Estos datos son similares a los que reporta Lee & Bozeman (2005), en un estudio de colaboración a 443 académicos de centros de investigación de USA, en los cuales el número de coautores por artículo en ingeniería (incluyendo ciencias de la computación) es de 13; en cuanto al número de contactos directos, aunque es en un estudio de biotecnología y biología aplicada Singh,(2007) reporta para su muestra un promedio de 4.8. En cuanto al tipo de colaboración el 31% de los artículos involucra colaboración interinstitucional (entre la misma institución), el 25% está relacionada con la colaboración interinstitucional (entre distintas instituciones), el 35% implica colaboración internacional, el 1% involucra colaboración con la industria (academia-empresa), el 0.8% implica colaboración con instituciones del gobierno (academia-gobierno) y solo el 5% son artículos de un solo autor.

Tabla 3.2. Estadística Descriptiva

| VARIABLES           | Mean     | Std.Dev  | Min | Max   |
|---------------------|----------|----------|-----|-------|
| pubs                | 0.986    | 2.425    | 0   | 38    |
| citas               | 3.020    | 14.13    | 0   | 657   |
| interinst           | 0.427    | 1.183    | 0   | 29    |
| intrainst           | 0.450    | 1.452    | 0   | 35    |
| intern              | 0.447    | 1.417    | 0   | 40    |
| ind                 | 0.0176   | 0.195    | 0   | 10    |
| gob                 | 0.0126   | 0.148    | 0   | 6     |
| sincol              | 0.0499   | 0.417    | 0   | 30    |
| grado               | 0.0721   | 0.203    | 0   | 4.062 |
| eigenvector         | 0.0587   | 1.110    | 0   | 52.13 |
| closeness           | 0.027    | 0.042    | 0   | 0.187 |
| betweenness         | 0.04     | 0.214    | 0   | 6.691 |
| structuralholes     | 0.212    | 0.329    | 0   | 1.620 |
| directies           | 3.029709 | 6.587608 | 0   | 110   |
| densit              | 21.81    | 35.66    | 0   | 100   |
| Observaciones 17200 |          |          |     |       |
| n = 2150            |          |          |     |       |
| T= 8                |          |          |     |       |

La tabla 3.3 muestra la correlación de Spearman entre las 14 variables de nuestro modelo, como se puede observar que existe una correlación alta entre algunas variables, especial entre la variable dependiente (publicaciones) y las medidas de centralidad normalizadas (grado y cercanía) y ligeramente el eigenvector, sin embargo para explicar la calidad (i. e. citas) estas medidas tienen una baja correlación. Como es bien sabido el problema de multicolinealidad ocurre cuando existe una alta correlación entre dos o más variables independientes en regresiones múltiples lo que significa que una variable independiente se puede predecir a partir de otras. Este problema puede ser más común cuando medidas de redes sociales son empleadas como predictores (Cimenler et al, 2014). Para comprobar que nuestro modelo no tiene problemas de autocorrelación entre variables, fue sometido al test de correlación serial de Wooldrige (2002, Pp282-283), cuyo resultado descarta problemas de este tipo.

Las tablas 3.4 y 3.5 muestran los resultados de las regresiones binomiales negativas con efectos fijos para publicaciones y citas respectivamente como variables dependientes. En ambos casos hay 8 modelos, de los cuales, seis introducen sólo una variable de redes para medir el efecto de esta, a la productividad y el tipo de colaboración, los otros dos restantes se analiza la perspectiva de clossure y “structural holes” es decir todas la variables de redes centralidad se miden en una primer instancia con la variable densidad

(perspectiva closure) y para la perspectiva “structural holes” se miden la mismas variables pero ahora con la variable structural holes.

En todos los modelos especificados, las publicaciones de un solo autor “single autor” es sólo una variable de control, y en todos estos modelos, es estadísticamente significativa ( $p > 0.01$ ) a excepción del modelo con la variable de structural holes con una probabilidad de  $p < 0.05$ , la cual afecta positivamente la futura productividad y la calidad (citas) de los investigadores en ingeniería, este resultado es consistente con Gonzalez-Barambila et al. 2013, a diferencia que en nuestro estudio las publicaciones internaciones si afectan positivamente la producción futura y a la calidad.

De igual forma, las publicaciones interinstitucionales en todos los modelos afectan fuertemente y positivamente a las publicaciones y citas futuras; la colaboración intrainstitucional es fuertemente significativa solamente para efectos de citas; con respecto a las publicaciones con ninguna variable de centralidad está fuertemente relacionada, sólo con las variables de densidad y structural holes es significativa. La colaboración con la empresa en relación con las citas no tiene ningún impacto, salvo que con la variable grado tiene una ligera significancia ( $p < 0.1$ ) pero negativa, para efectos de la publicación este tipo de colaboración tiene una relación fuerte negativa cuando se relaciona sólo con la variable grado, una relación significativa positiva sólo con la variable de structural holes, una ligera relación con el eigenvector y la densidad por separado. En el caso de la colaboración con el gobierno esta tiene una relación fuerte positiva para las publicaciones solo con la variable structural holes, y una significativa relación eigenvector, closeness, betweenness por separado.

Tabla 3.3. Spearman correlation

|                        | (1)     | (2)     | (3)     | (4)     | (5)     | (6)     | (7)     | (8)     | (9)     | (10)    | (11)    | (12)    | (13)    | (14) |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| (1) pubs               | 1       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |      |
| (2) citas              | 0.6446* | 1       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |      |
| (3) interinstitucional | 0.5766* | 0.3280* | 1       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |      |
| (4) intrainstitucional | 0.5820* | 0.3588* | 0.3624* | 1       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |      |
| (5) internacional      | 0.5662* | 0.3541* | 0.2932* | 0.3236* | 1       |         |         |         |         |         |         |         |         |      |
| (6) academia-empresa   | 0.1342* | 0.0848* | 0.0772* | 0.0890* | 0.0606* | 1       |         |         |         |         |         |         |         |      |
| (7) academia-gobierno  | 0.0888* | 0.0469* | 0.0598* | 0.0779* | 0.0303* | -0.0051 | 1       |         |         |         |         |         |         |      |
| (8) single author      | 0.1505* | 0.1147* | 0.1421* | 0.0805* | 0.0897* | 0.0380* | 0.0206* | 1       |         |         |         |         |         |      |
| (9) degree             | 0.6666* | 0.4050* | 0.5689* | 0.5375* | 0.5502* | 0.1489* | 0.1337* | 0.1187* | 1       |         |         |         |         |      |
| (10) eigenvector       | 0.3981* | 0.3042* | 0.2410* | 0.3897* | 0.3280* | 0.1085* | 0.0600* | 0.0127  | 0.4581* | 1       |         |         |         |      |
| (11) closeness         | 0.6893* | 0.4270* | 0.5827* | 0.5496* | 0.5301* | 0.1420* | 0.1168* | 0.1203* | 0.9350* | 0.4604* | 1       |         |         |      |
| (12) betweenness       | 0.5476* | 0.4218* | 0.4659* | 0.5361* | 0.4482* | 0.1418* | 0.0802* | 0.0837* | 0.5748* | 0.4800* | 0.5901* | 1       |         |      |
| (13) structuralholes   | 0.5299* | 0.2417* | 0.4849* | 0.3884* | 0.4341* | 0.0941* | 0.1096* | 0.1937* | 0.7208* | 0.2568* | 0.5960* | 0.2414* | 1       |      |
| (14) density           | 0.6625* | 0.3614* | 0.5116* | 0.5190* | 0.5264* | 0.1187* | 0.1110* | 0.0565* | 0.7697* | 0.3494* | 0.7805* | 0.3858* | 0.6914* | 1    |

\*Correlation is significant at the 0.01

Tabla 3.4. Regressions results for publications.

|                     | (1)                    | (2)                    | (3)                    | (4)                    | (5)                    | (6)                     | (7)                    | (8)                     | (9)                     |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                     | pubs                   | pubs                   | pubs                   | pubs                   | pubs                   | pubs                    | pubs                   | pubs                    | pubs                    |
| degree              | 0.931***<br>(0.0390)   |                        |                        |                        |                        |                         | 0.569***<br>(0.0505)   | 0.364***<br>(0.0520)    | 0.525***<br>(0.0509)    |
| eigenvector         |                        | 0.0188***<br>(0.00501) |                        |                        |                        |                         | 0.00173<br>(0.00583)   | 0.000817<br>(0.00531)   | 0.00130<br>(0.00546)    |
| closeness           |                        |                        | 16.43***<br>(0.410)    |                        |                        |                         | 11.03***<br>(0.454)    | 8.475***<br>(0.465)     | 8.079***<br>(0.464)     |
| betweenness         |                        |                        |                        | 0.0708*<br>(0.0392)    |                        |                         | -0.173***<br>(0.0423)  | -0.0151<br>(0.0387)     | -0.0822**<br>(0.0402)   |
| structuralholes     |                        |                        |                        |                        | 2.005***<br>(0.0481)   |                         | 1.783***<br>(0.0537)   |                         | 1.155***<br>(0.0644)    |
| density             |                        |                        |                        |                        |                        | 0.0192***<br>(0.000393) |                        | 0.0155***<br>(0.000441) | 0.0104***<br>(0.000513) |
| interinstitutional  | 0.0569***<br>(0.00697) | 0.0733***<br>(0.00706) | 0.0496***<br>(0.00728) | 0.0701***<br>(0.00725) | 0.0821***<br>(0.00713) | 0.0846***<br>(0.00689)  | 0.0658***<br>(0.00726) | 0.0694***<br>(0.00700)  | 0.0729***<br>(0.00706)  |
| intrainstitutional  | -0.00582<br>(0.00577)  | 0.00607<br>(0.00616)   | 0.00271<br>(0.00622)   | 0.00109<br>(0.00646)   | 0.0274***<br>(0.00595) | 0.0352***<br>(0.00555)  | 0.0242***<br>(0.00588) | 0.0245***<br>(0.00565)  | 0.0292***<br>(0.00564)  |
| international       | 0.0270***<br>(0.00595) | 0.0315***<br>(0.00588) | 0.0238***<br>(0.00620) | 0.0334***<br>(0.00568) | 0.0345***<br>(0.00570) | 0.0541***<br>(0.00546)  | 0.0280***<br>(0.00658) | 0.0459***<br>(0.00613)  | 0.0406***<br>(0.00633)  |
| academia-business   | -0.134***<br>(0.0330)  | 0.0620*<br>(0.0375)    | 0.00553<br>(0.0366)    | 0.0459<br>(0.0385)     | 0.0902**<br>(0.0383)   | 0.0707*<br>(0.0381)     | -0.0243<br>(0.0349)    | -0.0264<br>(0.0356)     | -0.0286<br>(0.0350)     |
| academia-government | 0.0687<br>(0.0482)     | 0.102**<br>(0.0469)    | 0.0995**<br>(0.0504)   | 0.109**<br>(0.0471)    | 0.140***<br>(0.0471)   | 0.0983**<br>(0.0470)    | 0.0991**<br>(0.0493)   | 0.0799*<br>(0.0483)     | 0.0924*<br>(0.0485)     |
| single author       | 0.0430***<br>(0.0152)  | 0.0446***<br>(0.0150)  | 0.0558***<br>(0.0157)  | 0.0425***<br>(0.0153)  | 0.0364**<br>(0.0170)   | 0.0714***<br>(0.0154)   | 0.0489***<br>(0.0163)  | 0.0759***<br>(0.0150)   | 0.0670***<br>(0.0154)   |
| Constant            | 0.449***<br>(0.0538)   | 0.560***<br>(0.0531)   | -0.519***<br>(0.0633)  | 0.570***<br>(0.0539)   | -0.0948<br>(0.0606)    | -0.0934<br>(0.0609)     | -0.814***<br>(0.0703)  | -0.503***<br>(0.0674)   | -0.711***<br>(0.0713)   |

Standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1



Tabla 3.5. Regressions results for cites.

|                     | (1)<br>cites           | (2)<br>cites           | (3)<br>cites           | (4)<br>cites           | (5)<br>cites           | (6)<br>cites             | (7)<br>cites           | (8)<br>cites             | (9)<br>cites           |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| degree              | 0.841***<br>(0.0467)   |                        |                        |                        |                        |                          | 0.660***<br>(0.0616)   | 0.614***<br>(0.0623)     | 0.659***<br>(0.0617)   |
| eigenvector         |                        | 0.0156**<br>(0.00651)  |                        |                        |                        |                          | 0.00726<br>(0.00722)   | 0.00596<br>(0.00722)     | 0.00718<br>(0.00721)   |
| closeness           |                        |                        | 7.349***<br>(0.408)    |                        |                        |                          | 4.154***<br>(0.484)    | 4.358***<br>(0.530)      | 4.034***<br>(0.527)    |
| betweenness         |                        |                        |                        | 0.0681<br>(0.0538)     |                        |                          | -0.115**<br>(0.0547)   | -0.104*<br>(0.0547)      | -0.112**<br>(0.0549)   |
| structuralholes     |                        |                        |                        |                        | 0.654***<br>(0.0525)   |                          | 0.437***<br>(0.0590)   |                          | 0.418***<br>(0.0679)   |
| density             |                        |                        |                        |                        |                        | 0.00551***<br>(0.000421) |                        | 0.00214***<br>(0.000518) | 0.000339<br>(0.000588) |
| interinstitutional  | 0.0558***<br>(0.00871) | 0.0785***<br>(0.00844) | 0.0604***<br>(0.00894) | 0.0747***<br>(0.00910) | 0.0782***<br>(0.00856) | 0.0819***<br>(0.00846)   | 0.0558***<br>(0.00942) | 0.0583***<br>(0.00938)   | 0.0563***<br>(0.00945) |
| intrainstitutional  | 0.0172**<br>(0.00681)  | 0.0381***<br>(0.00718) | 0.0238***<br>(0.00754) | 0.0323***<br>(0.00768) | 0.0427***<br>(0.00707) | 0.0418***<br>(0.00702)   | 0.0265***<br>(0.00745) | 0.0241***<br>(0.00748)   | 0.0267***<br>(0.00745) |
| international       | 0.0395***<br>(0.00745) | 0.0490***<br>(0.00756) | 0.0393***<br>(0.00738) | 0.0539***<br>(0.00701) | 0.0549***<br>(0.00690) | 0.0614***<br>(0.00688)   | 0.0349***<br>(0.00807) | 0.0379***<br>(0.00808)   | 0.0354***<br>(0.00813) |
| academia-business   | -0.0862*<br>(0.0452)   | 0.0388<br>(0.0518)     | 0.00574<br>(0.0516)    | 0.0232<br>(0.0530)     | 0.0463<br>(0.0519)     | 0.0357<br>(0.0526)       | -0.0457<br>(0.0478)    | -0.0467<br>(0.0481)      | -0.0456<br>(0.0478)    |
| academia-government | 0.112<br>(0.0692)      | 0.168**<br>(0.0656)    | 0.131*<br>(0.0697)     | 0.172***<br>(0.0659)   | 0.168**<br>(0.0671)    | 0.158**<br>(0.0673)      | 0.0994<br>(0.0709)     | 0.0993<br>(0.0705)       | 0.0994<br>(0.0709)     |
| single author       | 0.0472***<br>(0.0155)  | 0.0446***<br>(0.0156)  | 0.0513***<br>(0.0152)  | 0.0448***<br>(0.0157)  | 0.0419***<br>(0.0161)  | 0.0500***<br>(0.0154)    | 0.0481***<br>(0.0157)  | 0.0519***<br>(0.0152)    | 0.0485***<br>(0.0156)  |
| Constant            | -1.964***<br>(0.0510)  | -1.900***<br>(0.0513)  | -2.212***<br>(0.0550)  | -1.896***<br>(0.0529)  | -2.156***<br>(0.0554)  | -2.172***<br>(0.0554)    | -2.311***<br>(0.0578)  | -2.248***<br>(0.0568)    | -2.313***<br>(0.0579)  |

Standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Como se puede observar en la tabla 3.4, todas las variables de redes, cada una en su modelo, son estadísticamente significativas y están fuertemente relacionadas con la productividad futura, sólo la variable betweenness es ligeramente significativa, en el modelo 7 y 8 las dos variables que defienden el punto de vista de closure (densidad) y huecos estructurales (structural holes) son estadísticamente significativas al  $p > 0.01$ . Como habíamos mencionado, en estos dos modelos las variables de tipo de colaboración mantienen el impacto, no importando cual sea el enfoque, (la intrainstitucional, intrainstitucional e internacional afectan positivamente), lo interesante es que no todas las variables de redes son estadísticamente significativas, para el modelo 7, la única variable de centralidad que no es significativa es el eigenvector, y de forma contraria al resto, Betweenness afecta negativamente a la productividad futura; para el modelo 8 solo las variables degree y closeness tienen un fuerte impacto las publicaciones. En la tabla 5, se puede observar en los modelos 1 al 6, que incluyen las variables de red por separado, únicamente betweenness reporta una ligera significancia estadística para las citas mientras que las demás tienen una fuerte relación positiva a las citas, para los modelos 7 y 8 (perspectiva del capital social) el eigenvector no tiene ningún efecto para la calidad, mientras que la variable betweenness sólo es significativa para la perspectiva de los huecos estructurales y de forma negativa.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES.

Este trabajo está enfocado en examinar cómo la colaboración externa en conjunto con las redes de colaboración, afectan los resultados de investigación de científicos mexicanos en el campo de la ingeniería, para lo cual nosotros creamos una base longitudinal de datos, considerando tres puntos importantes, primero, el número de publicaciones en un periodo de dos años así como el número de citas recibidas a estos artículos en los cuatro años posteriores a su publicación, se tomaron como los resultados de investigación (cantidad y calidad). Segundo para medir los efectos de la colaboración externa, esta se clasifico en cinco tipos, interinstitucional, intrainstitucional, internacional, academia-empresa y academia gobierno, mientras que los artículos de un solo autor fueron una variable de control de la heterogeneidad; tercero, para medir los efectos de la red se usaron cuatro medidas de centralidad (Grado, Closeness, betweenness y eigenvector) y dos variables del tipo ego (structural holes y densidad).

### Colaboración Externa.

Los resultados indican que a pesar de la tendencia a la baja del trabajo individual debido al crecimiento de la colaboración en investigación, los artículos de un solo autor, tienen un gran impacto positivo en la productividad futura y en las citas recibidas, este significa que los investigadores que son más colaborativos también son los que tienden a escribir individualmente y su resultado se refleja en la calidad y cantidad de sus publicaciones; este resultado es similar al reportado en científicos mexicanos del área de ciencias exactas por C.N Gonzalez-Brambila et al 2013, con lo cual se puede pensar que los científicos mexicanos de todos los campos de la ciencia tienen este comportamiento.

Para los investigadores en ingeniería, es claro que la colaboración externa es benéfica, tanto la colaboración entre miembros de las mismas instituciones, de diferentes instituciones a nivel nacional y con colegas de otros países tiene un marcado impacto a las citas y publicaciones futuras, sin embargo con referencia a los modelos quien tiene mayor coeficiente es la colaboración interinstitucional

seguida de la internacional y por último la institucional, esto se puede explicar de la siguiente manera, si tomamos el argumento de que más cerca estén los coautores motiva más la colaboración debido a que genera más información, incluyendo de manera informal (R, Kraut & C. Egido, 1988) el trabajo en equipo entre miembros de la misma institución es más común y práctica, además que los costos asociados con dichos trabajos, tales como tiempo dedicado a la coordinación, son casi nulos comparados con las otras dos, sin embargo, este tipo de colaboración podría ser engañoso debido a que gran parte de esta colaboración se da entre profesor y alumno (D. Crane, 1972) en donde la colaboración de cierta forma es obligada, lo cual da pie a que la colaboración entre colegas de diferentes instituciones sea más orientada a la combinación de ideas y experiencias para crear nuevo conocimiento que la interinstitucional, sin embargo al existir mayor distancia física entre los coautores, mayor será los costos asociados a esta colaboración, es por esto que varios estudios incluyendo el nuestro muestran que la colaboración decrece conforme incrementa la distancia entre los miembros del equipo (H. M Collins, 1974), pero esto contradice en parte nuestro resultados, debido a que la colaboración internacional tiene mayor importancia que la intrainstitucional, a esto, nuestro argumento, es que, si bien existe una mayor distancia entre los miembros del equipo y los costos podrían ser mucho más que los intrainstitucionales, existen desde nuestro punto de vista hay dos razones por las cuales esto no importa en la colaboración internacional, el primero es el prestigio, el trabajar con colegas internacionales y mantener el vínculo representa ante la comunidad científica nacional, la calidad del trabajo personal debido a que existe una influencia de la cultura académica internacional sobre el investigador, y el segunda razón es el financiamiento y/o recursos, el colaborar con países en donde invierten más del 1% del PIB a ciencia y tecnología puede garantizar la existencia de mayor recursos destinados al proyecto de colaboración que los obtenidos en nuestro país que al 2012 fue de 0.41%, además que en los centros de investigación extranjeros se puede obtener acceso a tecnología de punta e interactuar con líderes del tema de investigación.

Lamentablemente para los investigadores en ingeniería el colaborar con la industria no es significativo para los resultados de investigación, contrarios a los

resultados de Singht 2007, Frenken et al. 2005, mientras que la colaboración con entidades gubernamentales tiene una ligera importancia para los científicos mexicanos, una probable explicación de este fenómeno es que es más fácil generar convenios de colaboración entre el gobierno y las universidades que con la industria, debido a que la industria debe garantizar la discreción de los resultados obtenidos por peligro al espionaje industrial, por tanto, los resultados no se publican como los de la colaboración con el gobierno, a parte que los tiempos de la academia son muy diferentes a los de la industria, mientras que el ritmo de trabajo es más intenso en la industria debido a que dispone de muy poco tiempo para explotar las ganancias de las innovaciones en sus nuevos productos, la academia es más relajada en ese sentido.

#### Redes de Colaboración.

Como se mencionó en la parte de resultados, no importa el tipo de variable de red que se incluya en el modelo, los efectos del tipo de colaboración se mantiene constante, lo que nos permite identificar que variables de red es la más adecuadas para medir el efecto de la red en los resultados de la investigación de los científicos del área de ingeniería en México; la variable de centralidad de grado nodal tiene una fuerte impacto en la productividad futura y las citas, en términos de red esto significa que si un investigador en ingeniería tiene una gran cantidad de contactos directos figura como un investigador estrella o un líder en el área del conocimiento, y por tanto podrá tener influencia sobre los demás, de tal forma que será un investigador con quien los demás querrán participar y por ende sus trabajos serán más conocidos y citados. Del mismo modo la centralidad Closeness es importante para los científicos ya que está relacionada fuertemente con los resultados de la investigación, esto quiere decir que si un autor mantiene una distancia muy corta con los demás en la red, es decir, si mantiene una estrecha relación con sus colegas, este puede obtener de forma más eficiente información y difundirla; lo que le ayuda a generar nuevo conocimiento a través de las publicaciones y obtener citas debido a que su posición en la red es más eficiente. Así mismo el vector propio de centralidad o eigenvector la cual es una variante del grado nodal en nuestros resultados tiene una fuerte relación con las publicaciones futuras y una moderada relación con las citas recibidas a dichos artículos, esto se entiende de la siguiente manera, a

un investigador que está bien relacionado (que los otros contactos están también bien relacionados) figura como líder de opinión y por consiguiente alguien con quien los demás buscaran publicar de manera conjunta aunque no con esto garantiza el éxito rotundo de las citas obtenidas. En contra parte la centralidad Betweenness no tiene ningún efecto sobre las variables dependientes, lo que podemos decir, es que sí un investigador sirve como puente de contacto entre dos o más grupos de investigación, lo cual podría beneficiar al grupo por la interacción entre redes de investigación, a él no le beneficia en su producción e impacto.

Hasta el punto anterior podemos concluir que las variables apropiadas de centralidad para medir la influencia de la red en los resultados de investigación serían el grado nodal y la centralidad y de forma no tan consistente el vector propio, sin embargo aún faltaría considerar las dos variables de “ego” en la red, densidad y huecos estructurales, que como habíamos mencionado en los trabajos relacionados, forman parte de dos puntos de vista en torno al capital social desarrollado en las redes sociales (Ronald s. Burt, 200), cabe mencionar que ambas variables en sus modelos fueron estadísticamente significativas; como habíamos mencionado La densidad de la red o “social closure” dentro de un grupo indica la probabilidad de ausencia de huecos estructurales, y se cree que fomenta la identificación del grupo (Portes y Sensenbrenner 1993), para esta perspectiva nuestros resultados indican que solamente las medidas de grado nodal y closeness son las únicas que tienen significancia en publicaciones futuras y cita, sorprendentemente se obtiene el mismo resultado con el segundo enfoque basado en la teoría de redes el cual entiende el capital social como el valor derivado de la reducción de “huecos estructurales” o vacíos entre nodos en una red social (Burt 1992). La única diferencia entre los dos modelos y es la variable betweenness, que para el modelo de structural holes resulta estadísticamente significativa pero con efecto negativo a las publicaciones futuras y no así para el modelo de la densidad esto se debe a que betweenness tiene casi el mismo significado que structural holes sólo que desde una perspectiva local mientras que el otro lo es global por tanto una contra resta a la otra.

Finalmente lo que podemos decir es que las dos perspectivas en capital social no están en conflicto una con la otra, y esto se comprueba en el modelo número 9 en donde las dos variables se involucran con las otras de centralidad y de colaboración externa, los resultados son los mismos, esto es porque la perspectiva “closure” se enfoca en la presencia o ausencia de relaciones a nivel iteración local y la Los huecos estructurales son los responsables de los beneficios de la información y son aquellos que dividen al sistema social en forma global.

## Referencias

- Adams, J. D., Black, G. C., Clemmons, J. R., & Stephan, P. E. (2005). Scientific teams and institutional collaborations: Evidence from U.S. universities, 1981–1999. *Research Policy*, 34(3), 259-285.
- Alcantara, A. (2009). Reforma de la Educación Superior. *Revista de la Educación Superior*, XXXVIII (2), 125-129.
- Ancona, D. G., & Caldwell, D. F. (1992). Demography and Design: Predictors of New Product Team Performance. *Organization Science*, 3(3), 321-341.
- Angell, M. (1986). Publish or perish: a proposal. *Annals of Internal Medicine*, 104(2), 261-262.
- Austin, H. S. (1984). *Academic scholarship and its rewards*. (M. W. L., Ed.) Greenwich, Conn: JAI Press.
- Babchuk, N., & Bates, P. A. (1962). Professor or Producer: The Two Faces of Academic Man. *Social Forces*, 40(4), 341-348.
- Baird, L. L. (1986). What characterizes a productive research department? *Research in Higher Education*, 25(3), 211-225.
- Bantel, K. A., & Jackson, S. E. (1989). Top management and innovations in banking: Does the composition of the top team make a difference? *Strategic Management Journal*, 10(1), 107-124.
- Bayer, A., & E., D. J. (1977). Career Age and Research-Professional Activities of Academic Scientists: Tests of Alternative Nonlinear Models and Some Implications for Higher Education Faculty Policies. *The Journal of Higher Education*, 48(3), 259-282.
- Becker, G. S. (1962). Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis. *The Journal of Political Economy*, , 70(5), 9-49.
- Behymer, C. (1974). *Institutional and personal correlates of faculty productivity*. Unpublished doctoral dissertation University of Michigan.

- Birnholtz, J. P. (2007). When do researchers collaborate? Toward a model of collaboration propensity. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(14), 2226-2239.
- Bonacich, P. (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *The Journal of Mathematical Sociology*, 2(1).
- Borgatti, S. P. (2005). Centrality and network flow. *Social Networks*, 27(1), 55-71.
- Borgatti, S., Everett, M., & Freeman, L. (2002). *Ucinet for Windows: Software for social network analysis*. Harvard, MA.: Analytic Technologies.
- Braxton, J. M., & Bayer, A. E. (1986). Assessing faculty scholarly performance. *New Directions for Institutional Research*, 1986, 25-42. doi:10.1002/ir.37019865004
- Burt, R. S. (1992). *Structural Holes*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.
- Chavoya Peña, M. L. (s.f.). El Impulso a la Investigación en las Universidades Mexicanas. Obtenido de [www.congresoretosyexpectativas.udg.mx/Congreso%201/.../mesa-b\\_2.p...](http://www.congresoretosyexpectativas.udg.mx/Congreso%201/.../mesa-b_2.p...)
- Cimenler, O., Reeves, K. A., & Skvoretz, J. (2014). A regression analysis of researchers' social network metrics on their citation performance in a college of engineering. *Journal of Informetrics*, 8(3), 667-682.
- Cole, S. (1979). Age and Scientific Performance. *American Journal of Sociology*, 84(4), 958-977.
- Cole, J. R., & Zuckerman, H. (1984). *The productivity puzzle: Persistence and change in patterns of publication of men and women scientist*. (S. M. Maehr P, Ed.) Greenwich: JAI Press.
- Coleman, J. (1988). Social Capital in the Creation of Human Capital. *American Journal of Sociology*, 94, 95-120.
- Coleman, J. (1990). *Foundations of Social Theory*. Cambridge, MA: University Press.
- Craswell, J. W. (1986). *Measuring faculty research performance*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Creamer, E. G. (1998). Assessing Faculty Publication Productivity: Issues of Equity. (G. S. The George Washington University, Ed.) *ASHE-ERIC Higher Education Report*, 26(2), 126.
- Creswell, J. W. (1985). Faculty Research Performance: Lessons from the Sciences and the social Sciences. En *ASHE-ERIC Higher Education Report No. 4*. Washington, D. C.: Association for the Study of Higher Education.
- Crewe, I. (1988). Reputation, research and reality: The publication records of UK Departments of Politics, 1978-1984. *Scientometrics*, 14(3-4), 235-250.
- Daimond, A. (1986). What is citation worth? *Journal of Human Resources*, 21(2), 200-215.
- Davis, P., & Papanek, G. (1984). Faculty ratings of major economics departments by citations. *The American Economic Review*, 74(1), 225-230.
- Diamond, A. (1986). The life-cycle research productivity of mathematicians and scientists. *The Journal of Gerontology*, 41, 520-525.



- Diamond, A. M. (1985). The money value of citations to single-authored and multiple-authored articles. *Scientometrics*, 8(5-6), 315-320.
- Dundar, H., & Lewis, D. R. (1998). DETERMINANTS OF RESEARCH PRODUCTIVITY IN HIGHER EDUCATION. *Research in Higher Education*, 39(6), 607-631.
- Fox, M. F. (1992). Research, teaching and publication productivity: Mutuality versus competition. *Sociology of Education*, 65(4), 293-305.
- Franklin, N. M. (1989). *The Community of Science in Europe: Preconditions for Research Effectiveness in European Community Countries*. Gower Pub Co.
- Frenken, K., Hölzl, W., & Vor, F. d. (2005). The citation impact of research collaborations: the case of European biotechnology and applied microbiology (1982-2002). *Journal of Engineering and Technology Management*, 22(1-2), 9-30.
- Gonzalez-Brambila, C. N. (2014). Social capital in academia. *Scientometrics*, 10(3), 1609-1625.
- Gonzalez-Brambila, C. N., Veloso, F. M., & Krackhardt, D. (2013). The impact of network embeddedness on research output. *Research Policy*, 42(9), 1555-1567.
- Gonzalez-Brambila, C., & Veloso, M. F. (2007). The determinants of research output and impact: A study of Mexican researchers. *Research Policy*, 36(7), 1035-1051.
- Gordon, M. D. (1980). A critical reassessment of inferred relations between multiple authorship, scientific collaboration, the production of papers and their acceptance for publication. 2(3), 193-201.
- Grediaga Kuri, R. (enero-junio de 2006). Las políticas hacia los académicos en las últimas décadas. Cambios en la regulación de las trayectorias y el sistema de reconocimiento y recompensas de la profesión académica en México. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa*, 2, 1-72.
- Groot, H. d., Walter W. McMahon, & Fredericks Volkwein J. (1991). The Cost Structure of American Research Universities. *The Review of Economics and Statistics*, 73(3), 424-431.
- Hilbe, J. (2011). *Negative Binomial Regression*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Ibarrola, M. (Julio-Agosto de 1992). Ecología de la academia en México y Europa Occidental. *Avance y Perspectiva*, 11.
- J.M., W. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Data Panel*. Cambridge England: The MIT Press.
- Jordan, M. J., Meador, M., & Walters, S. J. (1988). Effects of department size and organization on the research productivity of academic economists. *Economics of Education Review*, 7(2), 252-255.
- Katz, J. S., & Hicks, D. (1997). How much is a collaboration worth? A calibrated bibliometric model. *Scientometrics*, 40(3), 541-554.

- Kotrlik, J. W., Bartlett, J. E., Higgins, C. C., & Williams, H. A. (2001). FACTORS ASSOCIATED WITH RESEARCH PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL EDUCATION FACULTY. *OF AGRICULTURAL EDUCATION FACULTY*, 43(3), 1-10.
- Lawani, S. M. (1986). Some bibliometric correlates of quality in scientific research. *Scientometrics*, 9(1-2), 13-25.
- Lee, S., & Bozeman, B. (2005). The Impact of Research Collaboration on Scientific Productivity. *Social Studies of Science*, 35(5), 673-702.
- Lehman, H. 1. (1953). *Age and Achievement*. Princeton: Princeton University Press.
- Levin, S. G., & Stephan, P. E. (1991). Research Productivity over the Life Cycle: Evidence for Academic Scientists. *The American Economic Review*, 81(1), 114-132.
- Lia, E. Y., Liaoa, C. H., & Yen, H. R. (2013). Co-authorship networks and research impact: A social capital perspective. *Research Policy*, 42(9), 1515-1530.
- Lindsney, D. (19889). Using citation counts as a measure of quality in science. *Scientometrics*, 15(3-4), 189-203.
- Lotka, A. (1962). The Frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Science*, 16(12), 317-323.
- Maldonado, A. M. (2010). Salarios de Académicos de Instituciones de Educación Superior en México comparado con 30 Países. *XI Congreso Nacional de Investigación Educativa*. Obtenido de [http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v11/docs/area\\_16/2395.pdf](http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v11/docs/area_16/2395.pdf)
- McCain, B. E., O'Reilly, C., & Pfeffer, J. (1983). The Effects of Departmental Demography on Turnover: The Case of a University. *The Academy of Management Journal*, 26(4), 626-641.
- Narin, F., & Whitlow, E. S. (1990). *Measurements of Scientific Cooperation and Coauthorship in CEC-related Areas of Science* (Vol. 1). Luxembourg: Commission of the European Communities.
- Nature. (09 de 2010). Publish or perish. *Nature*, 467( 7313), 252. doi:10.1038/467252a
- Nonaka, I. (1994). A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. *Organization Science*, 15(1), 14-37.
- Nudelman, A. E., & Landers, C. E. (1972). The Failure of 100 divided by 3 to equal 33 1/3. *American Sociologist*, 7(9), 9.
- Pao, M. L. (1982). Collaboration in computational musicology. *Journal of the American Society for Information Science*, 33(1), 38-43.
- PELZ, D. C., & ANDREWS, F. M. (1966). *SCIENTISTS IN ORGANIZATIONS: PRODUCTIVE CLIMATES FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT*. Oxford, England: John Wiley.
- Pfeffer, J. (1985). Organizational Demography: Implications for Management. *California Management Review*, 28(1), 67-81.
- Portes, A., & Sensenbrenner, J. (1993). Embeddedness and Immigration: Notes on the Social Determinants of Economic Action. *American Journal of Sociology*, 98(6), 1320-1350.

- Pravdić, N., & Oluić-Vuković, V. (1986). Dual approach to multiple authorship in the study of collaboration/scientific output relationship. *Scientometrics*, 10(5-6), 259-280.
- Price, D. D., & Beaver, D. D. (1966). Collaboration in an invisible college. *American Psychologist*, 21(11), 1011-1018.
- Reagans, R., & Zuckerman, E. W. (2001). Networks, Diversity, and Productivity: The Social Capital of Corporate R&D Teams. *Organization Science*, 12(4), 502-5017.
- Shultz, T. (1963). *The Economic Value of Education*. New York: Columbia University Press.
- Singh, J. (2007). External Collaboration, Social Networks and Knowledge Creation: Evidence from Scientific Publication. *INSEAD, Mimeo*.
- Stack, S. (2004). Gender, Children and Research Productivity. *Research in Higher Education*, 45(8), 891-920.
- Stephen, C. (1979). Age and scientific performance. *American Journal of Sociology*, 84(4), 958-978.
- Stephen, C., & Cole, J. R. (1967). Scientific Output and Recognition: A Study in the Operation of the Reward System in Science. *American Sociological Review*, 32(3), 377-390.
- Stock, J., & Watson, M. (2003). Has the business cycle changed and why? *NBER Macroeconomics Annual 2002*. 17. MIT Press.
- Tien, F. F., & Blackburn, R. T. (1996). Faculty rank system, research motivation, and faculty Research Productivity: Measure Refinement and Theory Testing. *The Journal of Higher Education*, 67(1), 2-22.
- U Backes-Gellner, A. S. (2008). Monetary Rewards and Faculty behaviour; how economic incentives drive publish or perish. *Association Proceedings*.
- Wallmark, J., Chalmers Univ. Technol., G. S., Holmqvist, H., Eckerstein, S., & Langered, B. (1973). The increase in efficiency with size of research teams. *Engineering Management*, 20(3), 80-86.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications* (Vol. 8). Cambridge university press.
- Yan, E., & Ding, Y. (2009). Applying centrality measures to impact analysis: A coauthorship network analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(10), 2107-2118.
- Yuker, E. H. (1978). Measuring Faculty Productivity. En A. Levenstein (Ed.), *Proceedings, Sixth Annual Conference* (pág. 111). New York: National Center of the Study of Collective Bargaining in Higher Education.
- Zainab, A. N. (1999). Personal, Academic and Departmental Correlates of Research Productivity: A Review of Literature. *Malaysian Journal of Library & Information Science*, 4(2), 73-110.
- Zuckerman, H. (1967). Nobel Laureates in Science: Patterns of Productivity, Collaboration, and Authorship. *American Sociological Association*, 32(3), 391-403.

ANEXO A  
DATOS DE LA COLABORACIÓN EN  
INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA  
1980-20011

Para medir los resultados de investigación, se obtuvo una base de datos de publicaciones y citas del Science and Social Sciences Citation Index, desarrollado por el Institute of Scientific Information (ISI) hoy Thomson Reuters Web of Knowledge. Las publicaciones fueron obtenidas mediante un cruce de información entre la base del SNI con la del ISI de 1981 a 2011, obteniendo así, una muestra de 26,758 artículos publicados de 3736 investigadores que han pertenecido al menos un año al Área VII del SNI.

### Autores.

En cuanto a autores, la figura 3.1 muestra el número de investigadores y publicaciones en coautoría por área del SNI, en esta, se puede apreciar que existe mayor colaboración con el Área I (Físicomatemáticas y Ciencias de la Tierra) con 1718 coautores y 12092 publicaciones; seguida por el Área II (Química y Biología) con 1317 coautores y 5259 artículos; después se ubica el Área VI (Biotecnología y Ciencias Agronómicas) con 874 coautores y 2515 publicaciones; posteriormente se encuentra el Área III (Medicina y Ciencias de la salud) con 715 coautores y 1305 publicaciones; por último, las áreas con menor colaboración son las Áreas IV (Humanidades y Ciencias de la Conducta) y V (Ciencias Sociales y Económicas) con menos de 152 coautores y 360 publicaciones.

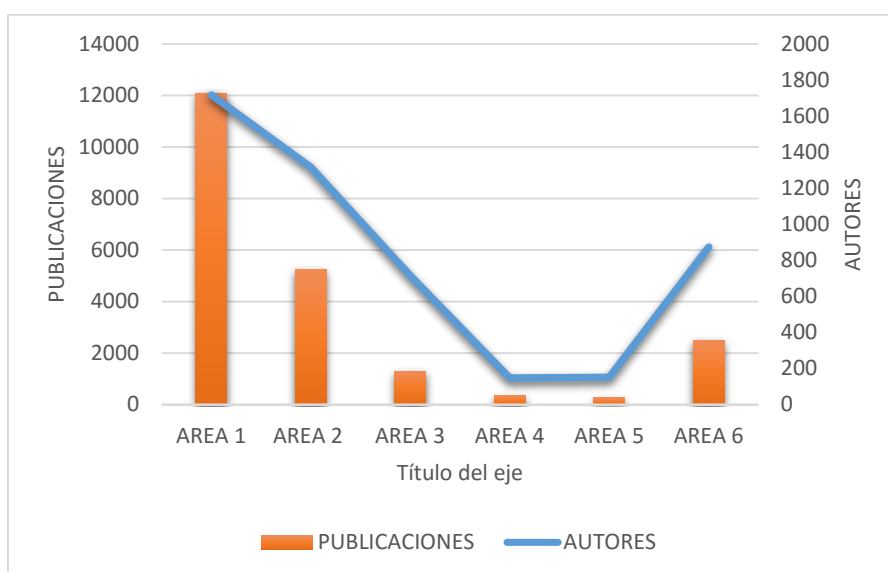


Fig. A 1. Publicaciones en colaboración y coautores por área del SNI.

## Tipo de Colaboración.

Conforme a la metodología descrita en el capítulo IV, en variables de colaboración, los 26758 artículos se clasificaron de acuerdo al tipo de colaboración: un autor, interinstitucional, intrainstitucional, internacional, academia-empresa y academia-gobierno. En la figura 3.2, se muestra la proporción de artículos por tipo de colaboración, en esta, se aprecia que los investigadores en ingeniería colaboran con más intensidad con colegas de su misma institución, al publicar el 34% del total (9,211 publicaciones) en esta modalidad; la colaboración con colegas internacionales representa el 31% (8,228 publicaciones) del total, lo que la coloca como la segunda opción; en tercer lugar se encuentra la colaboración intrainstitucional con el 16% (4,400 publicaciones), seguida por la colaboración en el sector gobierno con 10% (2077 publicaciones) y por último se encuentra la colaboración con la industria con 1%(306 publicaciones). Es importante mencionar que las publicaciones de un autor representan el 10% (2536 publicaciones) del total.

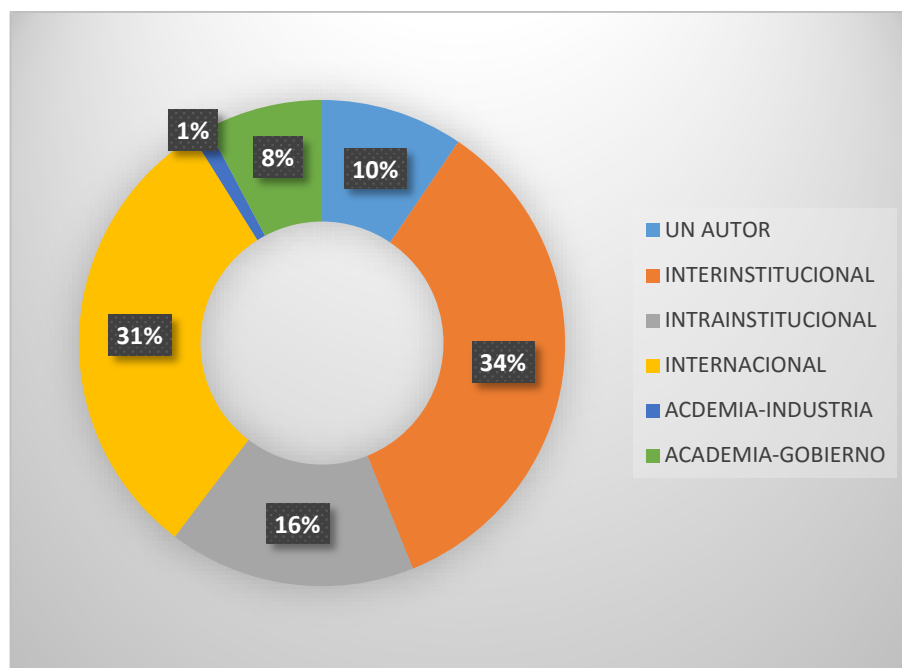


Fig. A. 2. Proporción de publicaciones por tipo de colaboración.

## Colaboración en las IES.

De las 199 IES que se mencionaron en el capítulo I y con la misma metodología empleada para contabilizar las publicaciones por Institución, la tabla 3.1 muestra las 40 IES con más publicaciones en ingeniería por tipo de colaboración, de igual forma la figura 3.3 muestra de manera global la participación de cada IES; en ambas se puede apreciar que la UNAM con 7113 publicaciones, es la IES con mayor producción en ingeniería, seguida por el CINVESTAV con 4364 artículos, en tercer lugar el IPN con 3096 y en cuarto lugar está la UAM con 2414.

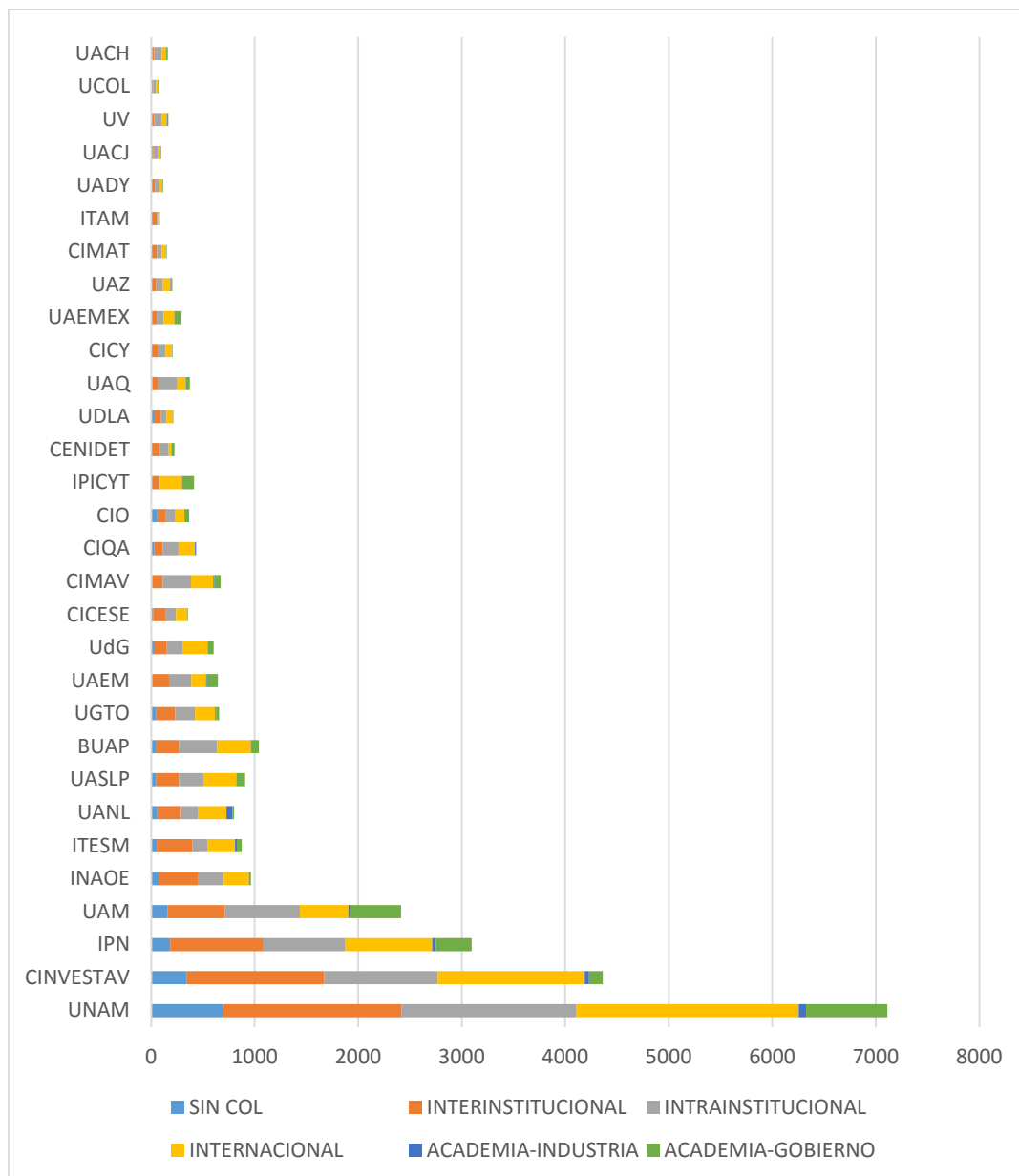


Fig. A. 3. Publicaciones por IES por tipo de colaboración.

Por tipo de colaboración, la UNAM en los 5 tipos es la universidad con mayor producción; en la colaboración Interinstitucional, Intrainstitucional e Internacional el CINVESTAV es la segunda institución con más publicaciones seguido por el IPN en tercer lugar y la UAM en cuarto lugar; en la colaboración Academia-Industria la segunda IES con más publicaciones es la UANL con 55 artículos seguida por el CINVESTAV con 41 y después por el IPN con 35; para el caso de la colaboración con instituciones gubernamentales la UAM se coloca en la segunda posición seguida por el IPN y en cuarto lugar está el CINVESTAV.

Tabla A.1 Publicaciones por IES por tipo de colaboración.

| IES       | SIN COL | INTERINSTITUCIONAL | INTRAINSTITUCIONAL | INTERNACIONAL | ACADEMIA-INDUSTRIA | ACADEMIA-GOBIERNO |
|-----------|---------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------|-------------------|
| UNAM      | 691     | 1729               | 1690               | 2147          | 70                 | 786               |
| CINVESTAV | 341     | 1327               | 1100               | 1421          | 41                 | 134               |
| IPN       | 185     | 901                | 791                | 839           | 35                 | 345               |
| UAM       | 160     | 552                | 725                | 470           | 17                 | 490               |
| INAOE     | 74      | 376                | 252                | 244           | 8                  | 9                 |
| ITESM     | 54      | 346                | 147                | 262           | 19                 | 48                |
| UANL      | 60      | 228                | 167                | 273           | 55                 | 19                |
| UASLP     | 44      | 227                | 235                | 320           | 3                  | 78                |
| BUAP      | 52      | 216                | 372                | 324           | 8                  | 67                |
| UGTO      | 44      | 188                | 192                | 194           | 8                  | 29                |
| UAEM      | 10      | 161                | 218                | 141           | 7                  | 109               |
| UdG       | 25      | 126                | 158                | 236           | 3                  | 54                |
| CICESE    | 18      | 120                | 103                | 111           | 1                  | 2                 |
| CIMAV     | 10      | 103                | 272                | 216           | 11                 | 59                |
| CIQA      | 26      | 86                 | 151                | 159           | 10                 | 4                 |
| CIO       | 60      | 76                 | 97                 | 89            | 1                  | 44                |
| IPICYT    | 7       | 70                 | 7                  | 216           | 2                  | 111               |
| CENIDET   | 17      | 70                 | 81                 | 31            | 1                  | 26                |
| UDLA      | 33      | 61                 | 53                 | 61            | 2                  | 2                 |
| UAQ       | 10      | 58                 | 179                | 84            | 4                  | 39                |
| CICY      | 15      | 53                 | 73                 | 62            | 1                  | 3                 |
| UAEMEX    | 7       | 48                 | 65                 | 105           | 3                  | 65                |
| UAZ       | 4       | 42                 | 66                 | 76            | 8                  | 10                |
| CIMAT     | 16      | 41                 | 45                 | 43            | 1                  | 3                 |
| ITAM      | 16      | 38                 | 13                 | 12            | 1                  | 3                 |
| UADY      | 4       | 31                 | 42                 | 30            | 3                  | 7                 |
| UACJ      | 1       | 21                 | 40                 | 30            | 1                  | 1                 |
| UV        | 8       | 20                 | 76                 | 44            | 3                  | 15                |
| UCOL      | 1       | 18                 | 29                 | 21            | 1                  | 9                 |
| UACH      | 12      | 16                 | 72                 | 44            | 2                  | 15                |
| UAT       | 3       | 15                 | 15                 | 39            | 1                  | 2                 |
| CIATEQ    | 4       | 14                 | 45                 | 36            | 7                  | 7                 |
| COMIMSA   | 1       | 13                 | 8                  | 6             | 1                  | 2                 |
| CIAD      | 1       | 12                 | 33                 | 13            | 2                  | 5                 |
| CIDETEQ   | 1       | 11                 | 18                 | 14            | 1                  | 2                 |
| CIATEJ    | 2       | 10                 | 9                  | 3             | 2                  | 15                |
| UJAT      | 1       | 4                  | 26                 | 6             | 2                  | 13                |
| UAAAN     | 1       | 4                  | 20                 | 2             | 1                  | 1                 |
| UAdeC     | 3       | 3                  | 66                 | 28            | 6                  | 3                 |



La figura 3.4, muestra las 23 empresas de 148 que tuvieron más de 3 publicaciones en colaboración con la academia, en esta, se puede observar que la empresa con mayor colaboración es Corp Nemak SA con 25 publicaciones, seguida por las empresas Hylsa con 24, Intel corp e industria Negromex se colocan en la tercera posición con 10 publicaciones cada una, seguidas por COMEX con 9.

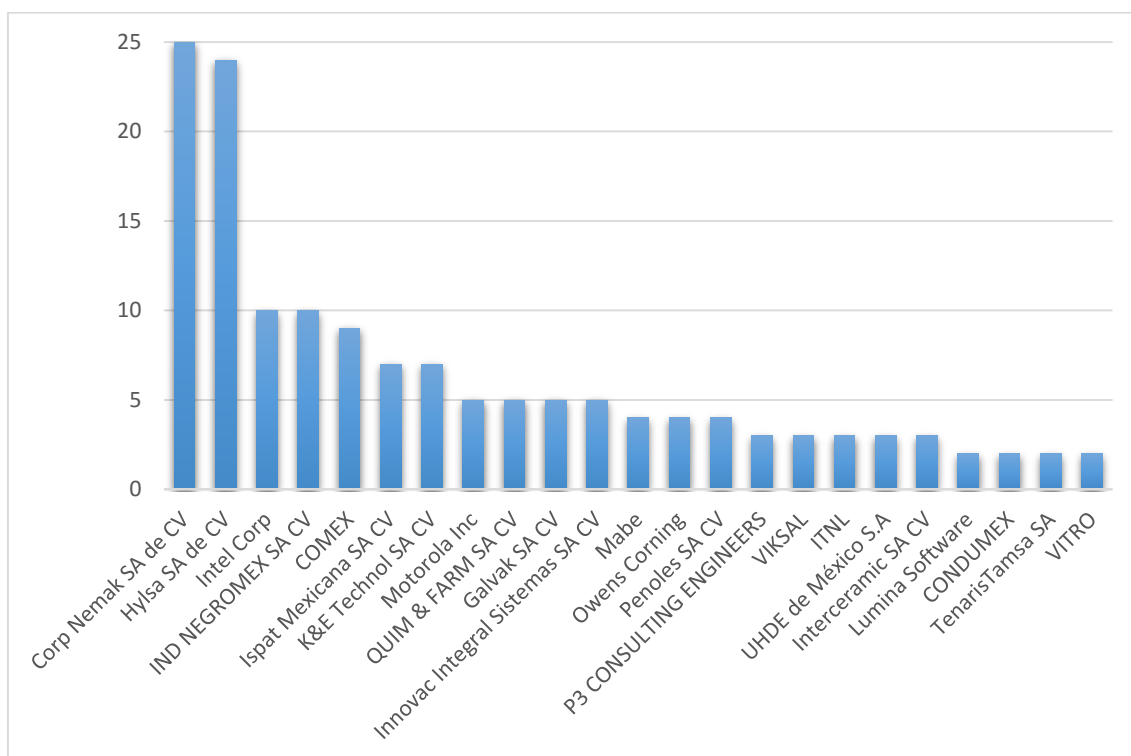


Fig. A.4. Empresas con más de 3 publicaciones en coautoría.

La figura 3.5 muestra las 10 de 64 instituciones gubernamentales con más de 20 publicaciones en coautoría con la academia, en esta, se aprecia que el IMP con 1005 artículos es la institución con mayor colaboración, el ININ es la segunda institución con 321 artículos, seguida por el IIE con 210, la SSA en cuarto lugar con 115, en quinto lugar se posiciona la IPYCYT con 111, en sexta posición el IMTA con 73, en séptimo lugar con 46 se posiciona el IMSS, mientras que PEMEX con 41 se posiciona en el octavo puesto, por último CFE en noveno y INIFAP en décimo lugar.

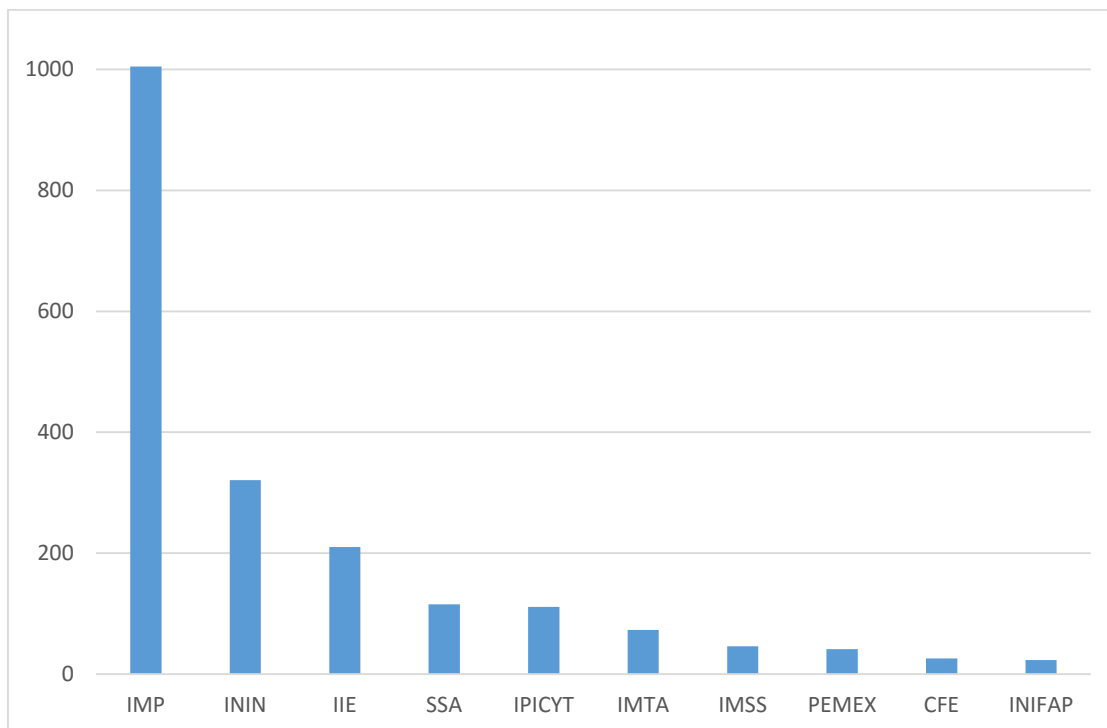


Fig. A. 5 Instituciones gubernamentales con más de 20 publicaciones en coautoría.

En tanto a la colaboración Internacional, la figura 3.6 muestra la proporción de la colaboración por continente, los datos indican que el 40% de los artículos en colaboración (10157) se realizan en países del continente europeo, siendo España con 2032 publicaciones el país europeo con mayor colaboración; Un 30% (6552) se realiza en países de américa del norte, en esta región, Estados Unidos es el país con más colaboración con 5953 artículos. Asia contribuye con 14% (3064), Rusia con 780 publicaciones es país con mayor colaboración en este continente. América Latina participa con el 10% (2154) de la colaboración, Brasil con 632 artículos es país con mayor colaboración en esta región.

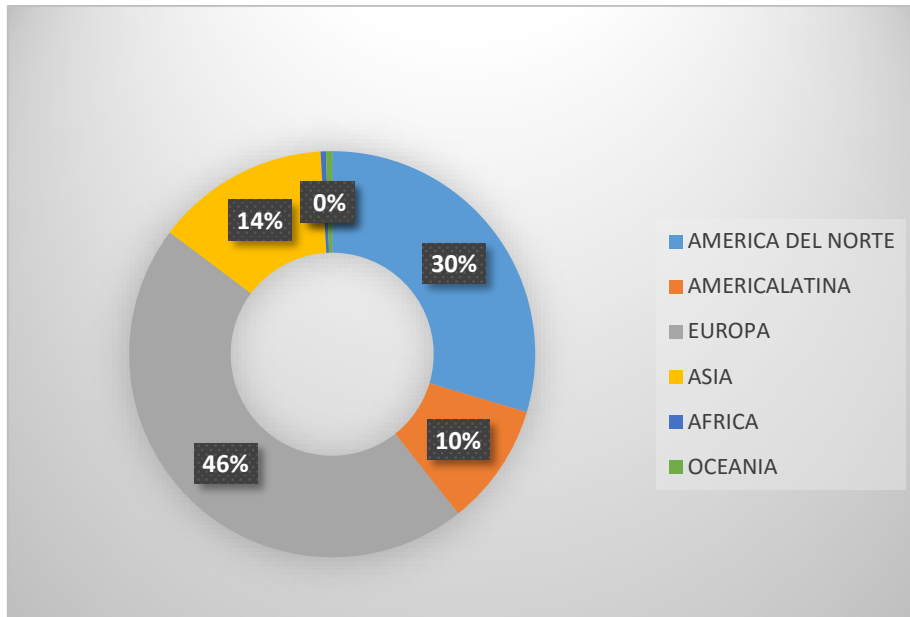


Fig. A. 6. Proporción de la colaboración por continente.

Si se analiza por país, la figura A.7 muestra los países con mayor coautoría, en está, destacan los países de Estados Unidos, España, y Francia (con 1578 artículos).

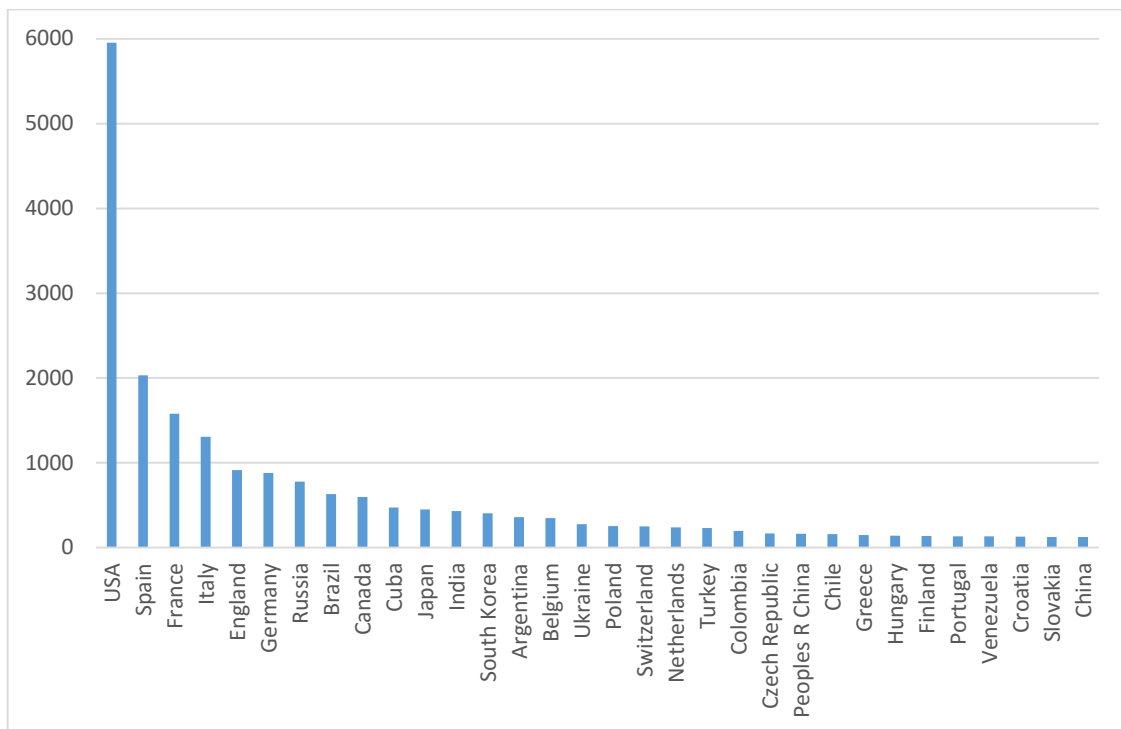


Fig. A. 7. Las 10 naciones con más coautoría con México.

Tabla A. 2. Publicaciones por área del Conocimiento y por tipo de colaboración.

| AREA                                   | GENERAL | INTERINSTITUCIONAL | INTRAINSTITUCIONAL | INTERNACIONAL | ACADEMIA-INDUSTRIA | ACADEMIA-GOBIERNO |
|--|---------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------|-------------------|
| PHYSICS                                | 7471    | 2120               | 1519               | 2605          | 37                 | 503               |
| MATERIALS SCIENCE                      | 6446    | 1768               | 1431               | 2291          | 95                 | 507               |
| CHEMISTRY                              | 5515    | 1233               | 990                | 2089          | 40                 | 834               |
| COMPUTER SCIENCE                       | 4719    | 2862               | 375                | 863           | 30                 | 73                |
| ENGINEERING, ELECTRICAL & ELECTRONIC   | 3846    | 1992               | 390                | 830           | 23                 | 77                |
| ENGINEERING, CHEMICAL                  | 2041    | 638                | 341                | 579           | 21                 | 317               |
| ENGINEERING, MECHANICAL                | 1986    | 974                | 238                | 473           | 18                 | 79                |
| AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS           | 1484    | 704                | 182                | 376           | 4                  | 29                |
| ENERGY & FUELS                         | 1259    | 536                | 185                | 226           | 8                  | 171               |
| ENVIRONMENTAL SCIENCES                 | 1118    | 344                | 170                | 357           | 10                 | 148               |
| METALLURGY & METALLURGICAL ENGINEERING | 1114    | 285                | 215                | 397           | 50                 | 98                |
| NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY           | 800     | 231                | 144                | 321           | 8                  | 69                |
| MEDICINE                               | 753     | 176                | 115                | 243           | 19                 | 115               |
| MATHEMATICAL                           | 745     | 272                | 106                | 238           | 3                  | 34                |
| GEOSCIENCES                            | 684     | 192                | 82                 | 233           | 9                  | 80                |
| ENGINEERING, CIVIL                     | 648     | 209                | 72                 | 174           | 12                 | 82                |
| ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY         | 594     | 269                | 85                 | 141           | 7                  | 23                |
| WATER RESOURCES                        | 590     | 209                | 67                 | 174           | 5                  | 71                |
| INSTRUMENTS & INSTRUMENTATION          | 571     | 211                | 74                 | 184           | 4                  | 41                |
| NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY           | 524     | 108                | 55                 | 172           | 4                  | 116               |
| ENGINEERING, ENVIRONMENTAL             | 492     | 185                | 78                 | 143           | 8                  | 54                |
| BIOLOGY                                | 487     | 130                | 77                 | 177           | 6                  | 66                |
| TELECOMMUNICATIONS                     | 482     | 310                | 32                 | 76            | 3                  | 4                 |
| BIOTECHNOLOGY                          | 433     | 146                | 103                | 95            | 5                  | 37                |
| FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY              | 423     | 121                | 134                | 129           | 6                  | 17                |
| BUSINESS                               | 419     | 145                | 42                 | 160           | 7                  | 19                |
| MULTIDISCIPLINARY SCIENCES             | 283     | 87                 | 39                 | 83            | 1                  | 32                |
| AGRONOMY                               | 281     | 85                 | 86                 | 75            | 10                 | 11                |
| ENGINEERING, BIOMEDICAL                | 274     | 137                | 20                 | 62            | 2                  | 16                |
| BIOCHEMICAL                            | 269     | 82                 | 53                 | 73            | 6                  | 27                |
| ENGINEERING, MANUFACTURING             | 229     | 68                 | 49                 | 75            | 11                 | 9                 |
| ENGINEERING, GEOLOGICAL                | 212     | 76                 | 20                 | 52            | 4                  | 24                |
| BUILDING TECHNOLOGY                    | 191     | 64                 | 26                 | 68            | 6                  | 5                 |
| ENGINEERING, PETROLEUM                 | 160     | 54                 | 3                  | 28            | 1                  | 48                |
| ENGINEERING, INDUSTRIAL                | 155     | 62                 | 18                 | 46            | 8                  | 2                 |
| METEOROLOGY & ATMOSPHERIC SCIENCES     | 155     | 49                 | 17                 | 54            | 1                  | 20                |
| TRANSPORTATION SCIENCE & TECHNOLOGY    | 142     | 82                 | 9                  | 42            | 1                  | 3                 |
| NEUROSCIENCES                          | 101     | 30                 | 17                 | 39            | 1                  | 8                 |
| MARINE & FRESHWATER BIOLOGY            | 89      | 26                 | 29                 | 29            | 1                  | 3                 |
| ACOUSTICS                              | 84      | 28                 | 7                  | 29            | 1                  | 2                 |
| PHARMACOLOGY & PHARMACY                | 82      | 15                 | 16                 | 23            | 6                  | 16                |
| ENGINEERING, OCEAN                     | 74      | 30                 | 3                  | 31            | 2                  | 3                 |
| GEOGRAPHY                              | 64      | 17                 | 9                  | 28            | 2                  | 3                 |
| MICROSCOPY                             | 50      | 13                 | 18                 | 11            | 1                  | 6                 |
| PHYSIOLOGY                             | 49      | 12                 | 2                  | 21            | 2                  | 8                 |
| ECONOMICS                              | 29      | 13                 | 2                  | 10            | 2                  | 2                 |
| HISTORY                                | 27      | 3                  | 8                  | 4             | 2                  | 1                 |

La tabla A.2, muestra el número de publicaciones por disciplina en ingeniería según la base de datos de ISI, en esta, se observa que las 10 disciplinas más importantes en cuestión de publicaciones son: Física, Ciencia de los Materiales, Química, Ciencias de la Computación, Ingeniería Eléctrica y Electrónica,

Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica, Control y automatización, Energía y combustibles, y Ciencias del medio ambiente. Así mismo en la figura 3.8 se observa el crecimiento de las publicaciones de estas disciplinas a lo largo del tiempo, destacando el caso de Ciencias de la computación y Ciencias de los materiales con un mayor crecimiento en los últimos años.

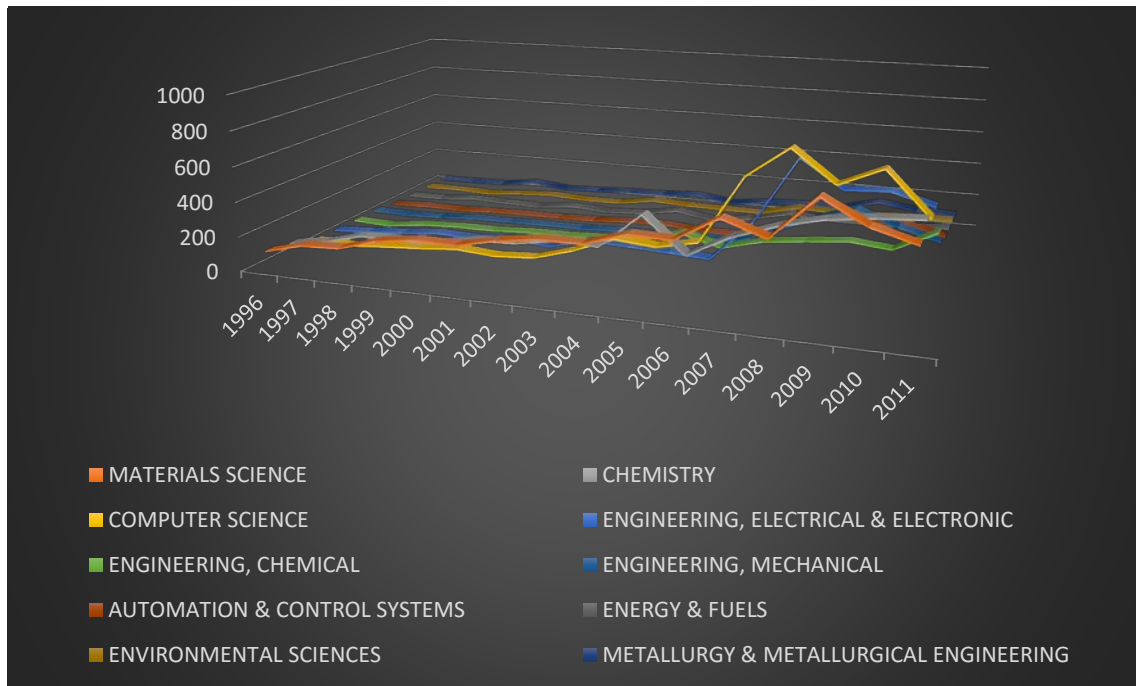


Fig. A 8. Publicaciones por año de las 10 principales disciplinas en ingeniería.

## ANÁLISIS DE CITAS.

Por último, el análisis de citas se realiza sobre la misma división de los artículos producidos por los investigadores del SNI en el área VII, un primer resultado se muestra en la figura A.9, en ésta se compara el total de los artículos por tipo de colaboración, contra los artículos citados de cada categoría, los resultados muestran que el 47% de las publicaciones de un autor fueron citadas al menos una vez en el periodo de tiempo, el 42% para el caso de los artículos con colaboración interinstitucional, casi el 60% para los artículos con colaboración intrainstitucional, 69% para la colaboración internacional, 53% para la colaboración con la industria y el 68% para la colaboración con el gobierno.

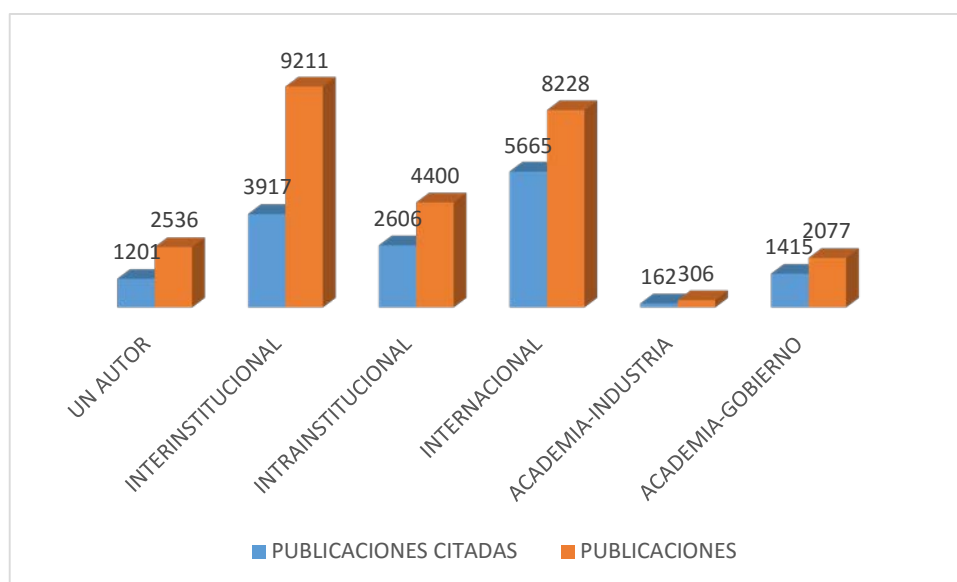


Fig. A 9. Comparación del número de artículos citados con el total por tipo de colaboración.

En la tabla A.3. se muestran las 29 IES con mayor cantidad de citas recibidas en el periodo de 1981 a 2011, las 10 universidades con más citas son: UNAM, IPN, UAM, IPN, BUAP, UASLP, ITESM, UANL, INAOE y el CIMAV. Por otro lado la tabla A.4 muestra las disciplinas más citas en la ingeniería, en esta se aprecia que Física, Química, Ciencias de los Materiales, Ciencias de la Computación, Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Ingeniería Química, Ciencias Ambientales, Nanociencias y Nanotecnología, Energía y Combustibles y Automatización y control son las 10 disciplinas más citadas en la ingeniería.

Por último la figura A. 10, muestra el número de citas recibidas por disciplina en ingeniería de 1991 a 2007, en ésta, se ilustra que las tres disciplinas con mayor crecimiento en citas recibidas son Física, Química y Ciencias de los Materiales.

Tabla A.3. Artículos citados por IES por tipo de colaboración.

| IES       | INTERINSTITUCIONAL | INTRAINTERINSTITUCIONAL | INTERNACIONAL | ACADEMIA-INDUSTRIA | ACADEMIA-GOBIERNO |
|-----------|--------------------|-------------------------|---------------|--------------------|-------------------|
| UNAM      | 25645              | 4545                    | 12595         | 106                | 2709              |
| CINVESTAV | 12715              | 2948                    | 6600          | 48                 | 254               |
| UAM       | 7109               | 2005                    | 1842          | 11                 | 1698              |
| IPN       | 6894               | 1656                    | 2572          | 54                 | 1169              |
| BUAP      | 3567               | 761                     | 2189          | 16                 | 257               |
| UASLP     | 2910               | 578                     | 1578          | 2                  | 234               |
| ITESM     | 2866               | 370                     | 2005          | 29                 | 67                |
| UANL      | 1795               | 526                     | 637           | 98                 | 11                |
| INAOE     | 1789               | 392                     | 1065          | 10                 | 24                |
| CIMAV     | 1661               | 585                     | 654           | 6                  | 140               |
| UDG       | 1542               | 443                     | 846           | 1                  | 92                |
| CIO       | 1538               | 343                     | 484           | 0                  | 261               |
| UGTO      | 1492               | 488                     | 620           | 20                 | 61                |
| UAEM      | 1484               | 635                     | 344           | 3                  | 272               |
| CIQA      | 1271               | 456                     | 537           | 5                  | 2                 |
| UAQ       | 896                | 411                     | 311           | 1                  | 103               |
| CIMAT     | 728                | 233                     | 351           | 4                  | 1                 |
| UAEMEX    | 674                | 99                      | 341           | 5                  | 186               |
| UAZ       | 479                | 152                     | 206           | 10                 | 28                |
| CIATEQ    | 427                | 119                     | 211           | 22                 | 17                |
| UACH      | 346                | 197                     | 92            | 8                  | 30                |
| CIDETEQ   | 160                | 38                      | 70            | 0                  | 1                 |
| UADY      | 143                | 58                      | 61            | 4                  | 7                 |
| UAT       | 123                | 17                      | 73            | 1                  | 10                |
| CIAD      | 101                | 60                      | 26            | 2                  | 9                 |
| UCOL      | 90                 | 25                      | 50            | 2                  | 4                 |
| UJAT      | 61                 | 19                      | 18            | 3                  | 18                |
| CIATEJ    | 40                 | 2                       | 5             | 1                  | 20                |

Tabla A.4. Citas por Disciplinas en ingeniería.

| DISCIPLINA                             | CITAS |
|--|-------|
| PHYSICS                                | 28286 |
| CHEMISTRY                              | 25750 |
| MATERIALS SCIENCE                      | 20802 |
| COMPUTER SCIENCE                       | 6647  |
| ENGINEERING, ELECTRICAL & ELECTRONIC   | 6564  |
| ENGINEERING, CHEMICAL                  | 6390  |
| ENVIRONMENTAL SCIENCES                 | 4116  |
| NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY           | 3681  |
| ENERGY & FUELS                         | 3625  |
| AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS           | 3543  |
| ENGINEERING, MECHANICAL                | 3389  |
| MEDICINE                               | 3112  |
| METALLURGY & METALLURGICAL ENGINEERING | 2253  |
| INSTRUMENTS & INSTRUMENTATION          | 2073  |
| ENGINEERING, ENVIRONMENTAL             | 1854  |
| GEOSCIENCES                            | 1828  |
| MATHEMATICAL                           | 1610  |
| BIOLOGY                                | 1553  |
| BIOTECHNOLOGY                          | 1250  |
| WATER RESOURCES                        | 1238  |
| NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY           | 1218  |
| ENGINEERING, CIVIL                     | 1187  |
| BIOCHEMICAL                            | 1089  |
| ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY         | 1086  |
| ASTRONOMY & ASTROPHYSICS               | 1070  |
| FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY              | 1062  |
| BUSINESS                               | 894   |
| MULTIDISCIPLINARY SCIENCES             | 771   |
| METEOROLOGY & ATMOSPHERIC SCIENCES     | 696   |
| AGRONOMY                               | 638   |
| ENGINEERING, MANUFACTURING             | 518   |
| ENGINEERING, BIOMEDICAL                | 452   |
| NEUROSCIENCES                          | 437   |
| BUILDING TECHNOLOGY                    | 365   |
| ENGINEERING, GEOLOGICAL                | 358   |
| TELECOMMUNICATIONS                     | 314   |
| TRANSPORTATION SCIENCE & TECHNOLOGY    | 259   |
| MARINE & FRESHWATER BIOLOGY            | 244   |
| ENGINEERING, INDUSTRIAL                | 221   |
| PHARMACOLOGY & PHARMACY                | 193   |
| ACOUSTICS                              | 167   |
| ENGINEERING, PETROLEUM                 | 147   |
| ENGINEERING, OCEAN                     | 137   |
| CELL BIOLOGY                           | 125   |
| GEOGRAPHY                              | 120   |
| EDUCATION                              | 111   |
| PHYSIOLOGY                             | 93    |
| NO CATEGORY                            | 74    |
| MICROSCOPY                             | 62    |
| SOCIAL SCIENCES                        | 54    |
| PSYCHOLOGY                             | 46    |
| ENTOMOLOGY                             | 45    |
| ENGINEERING, AEROSPACE                 | 24    |
| COMMUNICATION                          | 21    |
| LAW                                    | 20    |
| ECONOMICS                              | 19    |
| ANATOMY & MORPHOLOGY                   | 18    |
| SPORT SCIENCES                         | 15    |
| DERMATOLOGY                            | 12    |
| ARCHAEOLOGY                            | 6     |
| HUMANITIES                             | 5     |
| ANTHROPOLOGY                           | 4     |
| PALEONTOLOGY                           | 3     |
| POLITICAL SCIENCE                      | 2     |
| HISTORY                                | 2     |
| INFORMATION SCIENCE                    | 2     |
| GERONTOLOGY                            | 1     |



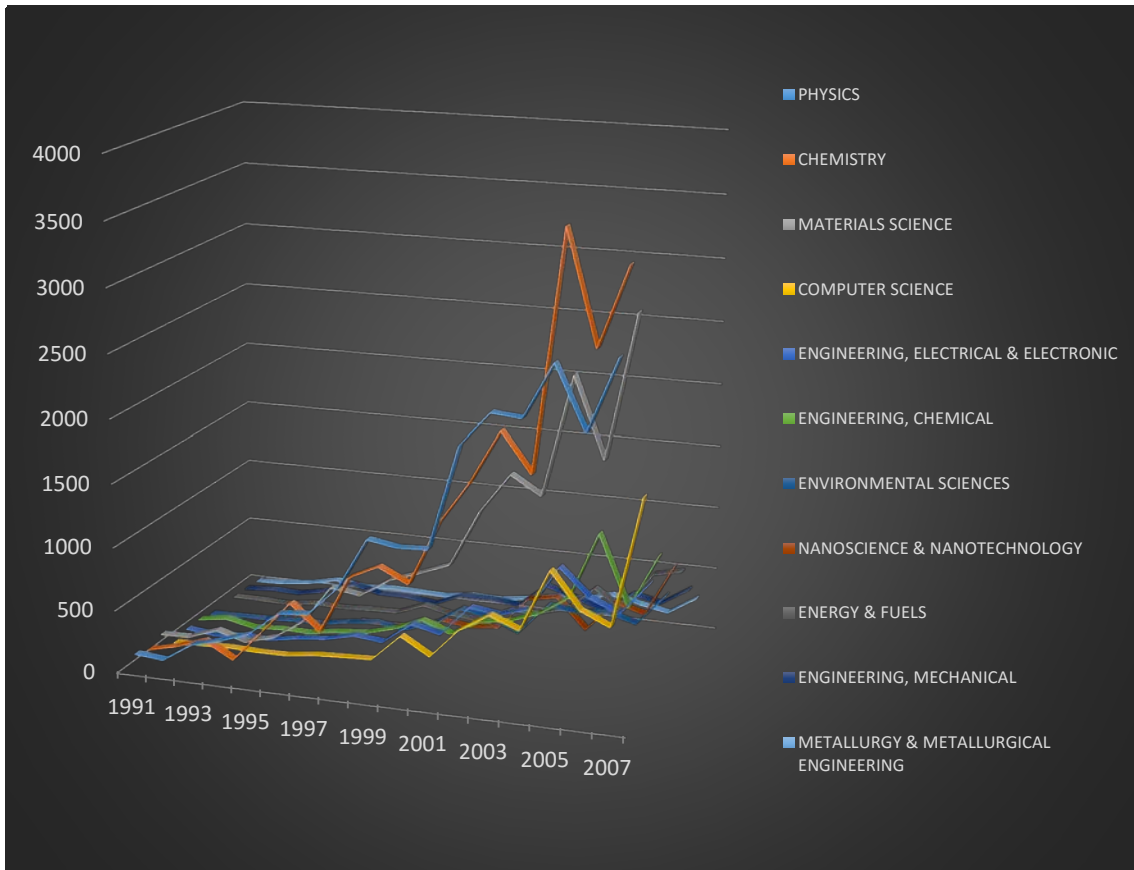


Fig. A 10. Citas por año en las principales disciplinas de ingeniería.