



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**

---

---

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS.  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO.  
DOCTORADO EN BIBLIOTECOLOGÍA Y  
ESTUDIOS DE LA INFORMACIÓN.**

**MODELO TEÓRICO METODOLÓGICO PARA ANALIZAR LA  
VISIBILIDAD INTERNACIONAL DE LAS CIENCIAS FÍSICAS  
EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.**

**T E S I S.**

**QUE PARA OPTAR AL GRADO DE  
DOCTOR EN BIBLIOTECOLOGÍA Y  
ESTUDIOS DE LA INFORMACIÓN.**

**P R E S E N T A.**

**FRANCISCO COLLAZO REYES**

**TUTORA PRINCIPAL DE TESIS.**

---

**DRA. JANE M. RUSSELL BARNARD**

**MÉXICO, D.F., MARZO 2012.**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Filosofía y Letras. División de Estudios de Posgrado**  
**Doctorado en Bibliotecología y Estudios de la Información**

Modelo teórico metodológico para analizar la visibilidad internacional de las ciencias físicas en América Latina y el Caribe.

**FRANCISCO COLLAZO REYES**

**Tutor: Dra. Jane M Russell**

**Comité tutor: Dr. Salvador Gorbea Portal**

**Comité tutor: Dr. Miguel A Pérez Angón**

## **Dedicatoria**

**A: Lulú**

**A mis hijos: Wendolyn**

**Jonathan**

**Pavel**

## **Agradecimientos**

**Con gratitud a:**

**Jane M. Russell B  
Miguel Ángel Pérez Angón  
Salvador Gorbea Portal**

**Instituciones de formación y conocimientos:**

**Universidad Nacional Autónoma de México  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados  
UACM. Seminario de Comunicación  
ENBA. Seminario de Estudios Bibliométricos**

**A todos aquellos que colaboraron en la realización de este trabajo, mi  
más sentido agradecimiento.**

## Resumen

En este trabajo se presenta un modelo teórico y metodológico de análisis de la visibilidad internacional de la física en América Latina y el Caribe (ALyC), con un enfoque multidisciplinario que combina recursos historiográficos, de sociología de la ciencia y bibliométricos, que ayudan a documentar de mejor manera la complejidad de los procesos que intervienen en la generación de conocimientos en las condiciones de adversidad de la periferia. De acuerdo con este modelo, la producción de trabajos relevantes en física en ALyC no es un evento excepcional. Es una capacidad desarrollada en las comunidades científicas para producir conocimientos científicos de todo tipo: en forma individual, en coautoría, multiautoría, o en las distintas modalidades de colaboración: en contexto sur-sur, sur-norte, con autores de países de Europa, o en colaboraciones multicontinentales. Los recursos teóricos del modelo y la construcción conceptual de la visibilidad internacional son un marco de referencia de interés para los aspectos de enseñanza de la bibliotecología y los estudios de la información. El enfoque metodológico multidisciplinario, las categorías de análisis y los indicadores historiográficos, de contextualización y bibliométricos, utilizados, son de utilidad como metodología de análisis, para estudiar otras disciplinas de las ciencias exactas, naturales y biomédicas en ALyC. Se identificó una geografía emergente de prácticas científicas, a través de 597 instituciones que desarrollan proyectos de investigación en física. Estas instituciones tienen capacidades desarrolladas, para producir conocimientos científicos relevantes en física e institucionalizar prácticas científicas. Estos resultados son de utilidad para propósitos de toma de decisiones y desarrollo de políticas en materia de ciencia y tecnología.

## **Abstract**

This study proposes a theoretical and methodological model for the analysis of the international visibility of physics research in Latin America and the Caribbean (LA&C), using a multidisciplinary approach that combines elements of historiography, of the sociology of science and bibliometrics, as a way of better representing the complexity of the processes involved in the generation of knowledge under the less favorable conditions prevailing at the periphery of scientific discourse. According to the model, the production of relevant papers in physics in LA&C is not an exceptional event but rather is the result of the capacity developed within the local scientific communities to produce scientific knowledge in different ways: individually, in co-authorship, multi-authorship, or within different geographical contexts: South-South, South-North, with European authors or in multicontinental collaborations. The theoretical fundamentals of the model and the conceptual construction of international visibility provide a relevant framework of interest in the teaching of library and information studies. The multidisciplinary methodological approach, the historiographical categories of analysis, the indicators of contextualization and bibliometrics, are useful as an analytical approach to study other disciplines in the exact, natural and biomedical sciences in LA&C. We have identified an emergent geography of scientific practices, by way of 597 institutions conducting research in physics. These institutions have developed capabilities, in hundreds of locations, to produce relevant scientific knowledge in physics and to institutionalize scientific practices. These results are useful for decision making and the development of science and technology policy.

## RELACIÓN DE FIGURAS Y TABLAS

### Figuras

Número	Título	Pág.
1	Visibilidad científica internacional. Enfoque multidisciplinario de análisis.	32
2	La visibilidad científica internacional como componente de las prácticas científicas.	34
3	Modelo conceptual del análisis triádico de Peirce.	41
4	Modelo conceptual de análisis: emergencia de la publicación científica moderna.	44
5	Modelo de construcción teórica de la visibilidad científica internacional.	50
6	Emergencia de la producción científica moderna en física en ALyC: 1914-1960.	73
7	Red de relaciones de coautoría en la física latinoamericana: 1914-1960.	74
8	Red de relaciones de colaboración científica institucional en la física latinoamericana: 1914-1960.	77
9	Modelo metodológico multidisciplinario de análisis de la física de ALyC.	84
10	Diversificación de la producción científica en física en ALyC, por ciudades e instituciones: 1973-2005.	110
11	Diversificación de la producción argentina en física por ciudades e instituciones: 1973-2005.	111
12	Diversificación de la producción brasileña en física por ciudades e instituciones: 1973-2005.	113
13	Diversificación de la producción chilena en física por ciudades e instituciones: 1973-2005.	114
14	Diversificación de la producción mexicana en física por ciudades e instituciones: 1973-2005.	115
15	Diversificación de la producción en física por ciudades e instituciones: Colombia, Cuba, Venezuela y Puerto Rico, 1973-2005.	117
16	Colaboración científica latinoamericana en física por continente: producción, 1973-2005.	127
17	Colaboración científica latinoamericana en física por continente: citas, 1973-2005.	128
18	Dinámica de evolución de la producción en física en ALyC por tipo de influencia: 1973-2000.	139
19	Dinámica de evolución de las modalidades de colaboración en física en ALyC: 1973-2005.	140
20	Distribución geográfica latinoamericana de capacidades científicas para producir conocimientos relevantes internacionalmente en física: 1973-2005.	142

## Tablas

Número	Títulos	Pág.
1	Antecedentes de la producción científica moderna en física en ALyC: 1900-1944.	70
2	Geografía internacional de publicación de los trabajos generados en física en ALyC: 1914-1960.	79
3	Revistas preferidas para publicar en la física latinoamericana: 1914-1960.	81
4	Idioma de publicación en la física latinoamericana: 1914-1960.	82
5	Producción científica latinoamericana general y en física por países: 1973-2005 y el 10% de los trabajos más citados.	87
6	Categorías temáticas relacionadas con la física en ALyC: 1973-2005.	88
7	Citas hechas a la ciencia latinoamericana en general y en física: 1973-2005.	89
8	Definición del indicador general de producción (IGP).	91
9	Indicador General de Contextualización. Modalidades de colaboración local-endógena.	93
10	Indicador General de Contextualización. Modalidades de colaboración regional.	93
11	Indicador General de Contextualización. Modalidades de colaboración continental y multi-continental.	94
12	Índices de coautoría de la física en ALyC: 1973-2005.	97
13	Producción y citas de la física latinoamericana por categorías temáticas: 1973-2005.	99
14	Revistas preferidas para publicar en la física latinoamericana: 1973-2005.	102
15	Producción y visibilidad relevante de la física latinoamericana por país: 1973-2005.	104
16	Diversificación de la producción en física por dependencias: Universidad de Sao Paulo, 1973-2005.	119
17	Diversificación de la producción en física por dependencias: UNAM, 1973-2005.	120
18	Diversificación de la producción por instituciones y dependencias: caso de Argentina, 1973-2005.	123
19	Contextualización de la producción en física en ALyC: modalidades de colaboración.	124
20	Colaboración científica en física entre países de ALyC por categorías temáticas: 1973-2005.	129
21	Principales modalidades de colaboración científica en física en ALyC: países más productivos, 1973-2005.	131
22	Principales modalidades de colaboración científica en física en ALyC: países con producción intermedia, 1973-2005.	133
23	Modalidades de colaboración científica en física en ALyC: países menos productivos, 1973-2005.	135
24	Producción y citación en física en ALyC por país: trabajos local-endógenos y local-exógenos, 1973-2005.	136



**Relación de abreviaturas**

<b>AA</b>	Astronomía-astrofísica
<b>ACU</b>	Acústica
<b>ADS</b>	Astrophysics Data System
<b>ALyC</b>	América Latina y el Caribe
<b>AR</b>	ARGENTINA
<b>ATFA</b>	Autor, Título, Fuente de difusión, Año
<b>BA</b>	BARBADOS
<b>BH</b>	BAHAMAS
<b>BIO</b>	Biofísica
<b>BO</b>	BOLIVIA
<b>BR</b>	BRAZIL
<b>CBPF</b>	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
<b>CINVESTAV</b>	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
<b>CL</b>	CHILE
<b>CM</b>	Ciencia de materiales
<b>CNEA</b>	Comisión Nacional de Energía Atómica Consejo Nacional de Desarrollo Científico e Tecnológico
<b>CNPq</b>	
<b>CO</b>	COLOMBIA
<b>CONACyT</b>	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas
<b>CONICET</b>	
<b>CR</b>	COSTA RICA
<b>CTA</b>	Centro Tecnológico de Aeronáutica
<b>CTS</b>	Ciencia Tecnología y Sociedad
<b>CU</b>	CUBA
<b>DO</b>	DOMINICANA
<b>EC</b>	ECUADOR
<b>ES</b>	EL SALVADOR
<b>FAM</b>	Física-atómica-molecular-química
<b>FAP</b>	Física aplicada
<b>FFP</b>	Física-fluidos-plasma
<b>FG</b>	Física general
<b>FG</b>	Física-geografía
<b>FM</b>	Física matemática
<b>FMC</b>	Física-materia condensada
<b>FN</b>	Física nuclear
<b>FPC</b>	Física-partículas y campos
<b>FQ</b>	Física-química
<b>GFQ</b>	Geofísica-geoquímica
<b>GG</b>	Geociencias general
<b>GR</b>	GRENADA
<b>GT</b>	GUATEMALA
<b>GU</b>	GUADALUPE

<b>GY</b>	GUYANA
<b>HO</b>	HONDURAS
<b>IB</b>	Indicadores Bibliométricos
<b>IGC</b>	Indicador General de Contextualización
<b>IGP</b>	Indicador General de Producción
<b>IIE</b>	Instituto de Investigaciones Eléctricas
<b>IMP</b>	Instituto Mexicano del Petróleo
	Introducción, Materiales-métodos, Resultados y
<b>IMRD</b>	Discusión
<b>ININ</b>	Instituto de Nacional de Investigaciones Nucleares
<b>IPN</b>	Instituto Politécnico Nacional
<b>ISI</b>	Institute for Scientific Information
<b>ITA</b>	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
<b>IVIC</b>	Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
<b>JA</b>	JAMAICA
<b>JCR</b>	Journal Citation Reports
<b>LA&amp;C</b>	Latin America and the Caribbean
<b>MCA</b>	Meteorología-ciencias-atmosféricas
<b>MEC</b>	Mecánica
<b>MIT</b>	Massachussets Institute of Technology
<b>MX</b>	MEXICO
<b>NASA</b>	National Aeronautics and Space Administration
<b>NI</b>	NICARAGUA
<b>NSF</b>	National Science Foundation
	Organización para la Cooperación y el Desarrollo
<b>OCDE</b>	Económico
	Organization for Economic Co-operation and
<b>OECD</b>	Development
<b>OPT</b>	Óptica
<b>PA</b>	PANAMA
<b>PACS</b>	Physics and Astronomy Classification Scheme
<b>PE</b>	PERU
<b>PGC</b>	Promedio General de Citación
<b>PR</b>	PUERTO RICO
<b>PUC</b>	Pontificia Universidad Católica
<b>RD</b>	REPUBLICA DOMINICANA
<b>SAO</b>	Smithsonian Astrophysical Observatory
<b>SCI</b>	Science Citation Index
<b>SL</b>	SANTA LUCIA
<b>SPIRES</b>	Stanford Public Information Retrieval System
<b>SV</b>	SAN VICENTE
<b>TELEBRAS</b>	Brasileira de Telecomunicaciones
<b>TRIN &amp; TOBAGO</b>	TRINIDAD & TOBAGO
<b>TT</b>	TRINIDAD&TOBAGO
<b>UCWI</b>	University College of the West Indies
<b>UDF</b>	Universidad del Distrito Federal

<b>UNAM</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>UNICAMP</b>	Universidad de Campiñas
<b>UR</b>	URUGUAY
<b>USA</b>	United States of America
<b>USP</b>	Universidad de Sao Paulo
<b>VE</b>	VENEZUELA
<b>WoS</b>	Web of Science

## CONTENIDO

<b>Resúmenes</b>	
<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>Abstract</b>	<b>II</b>
<b>Relación de figuras y tablas</b>	<b>III</b>
<b>Lista de abreviaturas</b>	<b>V</b>
<b>Tabla de contenido</b>	<b>VII</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1. Marco teórico.</b>	
<b>Modelo teórico de análisis del indicador bibliométrico de visibilidad</b>	
<b>Modelo dominante de análisis</b>	<b>13</b>
Antecedentes	<b>13</b>
<b>Desarrollo de indicadores bibliométricos: marcos conceptuales</b>	
Evolución de los estudios clásicos	<b>15</b>
<b>Las unidades básicas de análisis</b>	
<b>Los hombres de ciencia</b>	<b>15</b>
De la eugenesia a la historiometría	<b>16</b>
<b>Las publicaciones científicas</b>	<b>18</b>
De la bibliometría a la política científica	<b>20</b>
<b>Las citas bibliográficas</b>	<b>21</b>
La publicación científica de corriente principal	<b>23</b>
<b>La literatura científica en física: características</b>	<b>24</b>
La etapa de los indicadores bibliométricos	<b>25</b>
Formación de los prestigios en la ciencia	<b>26</b>
Reproducción del modelo norte sur	<b>28</b>
<b>Propuesta. Modelo teórico de análisis</b>	
Centros y periferias en una relación dinámica	<b>29</b>

Poder explicativo de las prácticas científicas: ciencias físicas	30
<b>Enfoque multidisciplinario</b>	<b>31</b>
<b>Modelo teórico</b>	
<b>Enfoque historiográfico social</b>	<b>33</b>
Emergencia del trabajo científico moderno en física	36
Institucionalización	37
Estabilización internacional de la producción científica	38
<b>Construcción conceptual de visibilidad científica</b>	
<b>Ámbito de las prácticas científicas</b>	<b>40</b>
Análisis triádico 1	42
<b>Ámbito de la comunicación científica</b>	<b>47</b>
Análisis triádico 2	48
<b>Capítulo 2. Marco de referencia.</b>	
<b>Emergencia de las prácticas científicas modernas en física en ALyC.</b>	
<b>Antecedentes: 1900-1960</b>	
Elementos para una periodización	52
Referentes internacionales de la física	52
El uso de la ciencia antes y después de la guerra	52
<b>Antecedentes de la física moderna</b>	<b>54</b>
Factores internos y externos	55
<b>Influencia de la Gran Ciencia</b>	<b>58</b>
<b>Emergencia de las ciencias físicas</b>	<b>58</b>
<b>Desarrollo de infraestructura, instalaciones y equipo</b>	<b>58</b>
Desarrollo de instrumental científico	61
<b>Formación de recursos humanos</b>	<b>62</b>
<b>Políticas de promoción y financiamiento</b>	<b>65</b>
<b>Desarrollo de indicadores histórico bibliométricos: 1914-1960</b>	<b>66</b>
Recursos de información histórico-bibliográfica	67
Metodología y procedimientos	67
Primeros indicadores bibliométricos	69

Colaboración científica	71
Fuentes e idioma de difusión preferidos	71
Física proto-académica	72
<b>Emergencia de las prácticas científicas en física</b>	
<b>Indicadores bibliométricos: 1914-1960</b>	<b>72</b>
Países, autores y temas	72
Productividad de autores y relaciones de coautoría	74
Organización institucional de la producción	76
Ciudades sedes de la producción	78
Revistas preferidas	80
Idiomas de publicación	82
<b>Capítulo 3. Metodología de estudio.</b>	
<b>Modelo metodológico multidisciplinario de estudio</b>	
<b>Descripción del modelo</b>	<b>83</b>
<b>Materiales y fuentes de información</b>	
<b>Indicadores histórico bibliométricos: 1914-1960</b>	<b>84</b>
Recursos de información historiográfica	84
<b>Indicadores del periodo 1973-2005</b>	
Institucionalización de las ciencias físicas	85
Producción total de los países de ALyC, 1973-2005	86
<b>Organización de la información</b>	
Desarrollo de la base de datos	90
Criterios de selección y organización de la información	90
<b>Estructuras y categorías de análisis</b>	
Indicador general de producción (IGP)	91
<b>Contextualización de los resultados</b>	
Indicador General de Contextualización(IGC)	92
Aspectos endógenos y exógenos	92
<b>Presentación de los resultados</b>	<b>95</b>
<b>Capítulo 4. Resultados. Ciencias físicas en ALyC, 1973-2005</b>	
<b>Aspectos generales</b>	<b>96</b>

**Indicadores bibliométricos**

Autoría	96
<b>Factor de citación</b>	
Promedio General de Citación (PGC)	97
<i>Categorías</i> temáticas	98
Revistas preferidas	100

**Indicadores geográficos**

<b>Países</b>	102
<b>Instituciones</b>	105
<b>Ciudades</b>	108
<b>Dependencias</b>	117

**Colaboración científica**

Intertextualidad referencial	123
Modalidades generales de colaboración	124
Patrones generales de colaboración	125
Colaboración sur-sur	128
Modalidades de colaboración y factor de citación	130
Modalidades de colaboración por países	130
Esfuerzo endógeno e influencia exógena	135

**Evolución de las modalidades de colaboración** 138**Geografía emergente de prácticas científicas en física** 141**Capítulo 5. Discusión****Aspectos generales** 144**Acerca de los resultados** 145**Acerca del modelo teórico** 149

Perspectivas de la intertextualidad referencial	150
---	-----

**Comentarios finales** 154**Referencias** 157**Anexos**

<b>1. Distribución geográfica de la producción relevante en ciencias físicas por países e instituciones en</b>	<b>173</b>
--	------------

<b>América Latina y el Caribe: 1973-2005.</b>	
<b>2. Ciudades e instituciones sedes de los trabajos generados en las ciencias físicas en ALyC: 1973-2005.</b>	<b>180</b>
<b>3. Países de América Latina y el Caribe.</b>	<b>185</b>
<b>4. Nombre y abreviaturas de la instituciones con mayor producción en física en ALyC, 1973-2005.</b>	<b>187</b>



## Introducción

La ciencia de América Latina y el Caribe (ALyC) producida en las décadas de los años 70 y 80, incluyendo la física, fue considerada en la literatura como un caso de ciencia pérdida o sin visibilidad científica (Gibbs, 1995; Da Costa, 1995). Lo anterior es debido a la escasa presencia de trabajos, revistas locales y citas bibliográficas en los índices internacionales (Garfield, 1984, 1984a). De acuerdo con indicadores bibliométricos (ISI's National Science Indicators, Thomson Reuters), esta situación mejoró en la década de los años 90 (Latin America Records Rapids Rise in Research Publications, 2004; Science in Latin America, 1995). Se tienen registros de un crecimiento de tendencia exponencial que continuó durante la primera década del siglo XXI (Leta, De Meis, 1996; UNESCO, 2005; Glanzel, Leta, Thijs, 2006; Regalado, 2010). Este incremento incluye el aumento en los niveles de producción de conocimientos en la mayoría de los países de la región (Albornoz, Matos Macedo, Alfaraz, 2010); aspecto que se encuentra reflejado mínimamente en el mejoramiento de las posiciones de algunos países de la región, en las clasificaciones internacionales de acuerdo con las tasas anuales de crecimiento. Destacan los casos de Brasil y México ubicados entre los países con mejores tasas de crecimiento (Todorov, 1985; Regalado, 2010). Argentina, Chile y Venezuela, aparecen con niveles más discretos (Leta, Glanzel, Thijs, 2006, 2006a).

En este su mejor periodo de crecimiento, la ciencia de ALyC logró una aportación global mayor al 3% al conocimiento universal considerado como de corriente principal (UNESCO, 2005). Este porcentaje, de importancia histórica en la región, sigue siendo sumamente escaso (May, 1997; Glanzel, Leta, Thijs, 2006; Regalado, 2010) cuando se relaciona con indicadores *per cápita* de población y de inversión en actividades de ciencia y tecnología. Los indicadores globales de producción e impacto se mantienen dentro de la misma escala de magnitud marginal (May, 1997) que tradicionalmente ha representado la aportación de la región a la ciencia internacional (Hollander, Soete, 2010). La aportación global del

3.4% de ALyC resulta menor al porcentaje individual, del 4% o más de países como Francia, Inglaterra, Japón, Alemania, Estados Unidos de América (USA), Italia y Suecia (King, 2004). También está muy lejos de la aportación global de los países pertenecientes a las regiones de Norteamérica y Europa, con un porcentaje mayor al 60% del conocimiento mundial. De acuerdo con estos criterios, el puente en la generación de conocimientos entre los países anteriores y ALyC, sigue siendo uno de los más anchos en el mundo (Albornoz, Matos Macedo, Alfaraz, 2010).

Los criterios actuales para identificar y cuantificar la producción y el impacto científico son implementados como un esfuerzo importante y novedoso, sobre todo como metodologías de obtención de indicadores comparables entre países (Glanzel, 1996; Fernández, Gómez, Sebastian, 1998; Vehlo, 2005), mismos que han sido utilizados como información de apoyo al desarrollo de políticas científicas, principalmente en los países mejor representados. Sin embargo, no han tenido la misma utilidad en los países menos representados. La demanda de información para propósitos de desarrollo de política científica, en estos países, requiere complementar la información bibliométrica con componentes de análisis que consideren las circunstancias locales, generalmente adversas, en que tiene lugar la investigación científica. En los países menos desarrollados los indicadores bibliométrico resultan, por si solos, indicadores fragmentados e insuficientes.

Ya se cuenta con clasificaciones internacionales que promueven los prestigios científicos acumulados individualmente por autores, revistas, temas, editoriales e instituciones, ponderados permanentemente sobre la base de la información y metodologías de los índices ISI-Thompson; sin embargo, estos indicadores están reservados para los actores de la ciencia desarrollada en un pequeño grupo de países de las regiones de América del Norte, Europa y Asia. Éste es el caso de las metodologías que utilizan el 1% de los trabajos más citados como criterio único para elaborar clasificaciones mundiales por país e instituciones (King, 2004). Sucede lo mismo con los servicios de información, disponibles

permanentemente en línea, de ISI-Thomson como son: *Essential Science Indicators*, *ISI HighlyCited.com*, *Journal Citation Reports*, que ofrecen clasificaciones internacionales de instituciones, autores, revistas y áreas de investigación, sobre la base de los trabajos con 100 o más citas, las revistas de mayor impacto y los 250 autores más citados en cada disciplina (ISI-Thomson). Otro caso similar ocurre con las clasificaciones académicas de las universidades de clase mundial elaborados por la Universidad Jiao Tong de Shanghai (Florian, 2007), y SCOPUS-SciMago, que utilizan la producción y el impacto, como criterios importantes de clasificación.

Las instituciones de ALyC no forman parte de las clasificaciones anteriores. Los parámetros de asignación de los prestigios internacionales en la ciencia, resultan criterios excluyentes de la ciencia latinoamericana. Lo que emerge de estas iniciativas es un sistema de vigilancia académica, con el potencial suficiente para ejercer un amplio control hegemónico sobre la producción de conocimiento académico (Lane, 2010; Nwagwu, 2010).

El uso de estos indicadores por sí solos, sin considerar los referentes del contexto social en que ocurren las prácticas científicas (Martínez, 2003; Guillaumin, 2005), reproducen la interpretación de un modelo basado en la teoría de un *centro*, cuya hegemonía es permanente y una *periferia* como destino inmutable de la ciencia de los países en desarrollo (Cueto, 1997; López-Beltrán, 1997; Hodara, 2007). La mayoría de los estudios reproducen resultados que ratifican este modelo; donde, por un lado, la ciencia de mayor visibilidad científica generada en los países periféricos de la región de ALyC, está realizada en colaboración con los autores y las instituciones poseedores de los prestigios en cada uno de los temas (Pereira-Friedrich, Dos Santos-Rodríguez, 1998; Meneghini, Packer, 2006; Meneghini, Packer, Nassi-Calo, 2008; Regalado, 2010). Por otro lado, los trabajos realizados en contextos locales, por investigadores adscritos a instituciones de ALyC, están destinados a un rol de trabajos

escasamente citados e irrelevantes y, los que bajo esta última condición, logran impactos relevantes, son considerados como casos excepcionales (May, 1997).

Existen otras voces de autores que han cuestionado estos enfoques (Arunachalam, Manorama, 1988; Arunachalam, 1995; Bell, 1995), con propuestas de modelos de abordaje distintos, que ayudan a capturar de mejor manera la complejidad de los procesos que intervienen en la generación de conocimientos en la adversidad de la periferia (Cueto, 1997; UNESCO, 2005, 2010; Nwagwu, 2010; Herrera Corral, 2011).

Con esta misma orientación, en esta tesis, se analizan las ciencias físicas, una de las comunidades científicas más consolidadas e internacionalizadas de ALyC (Leta, Glanzel, Thijs, 2006a, Albornoz, 2001) y cuya producción ha influido más al incremento histórico de la ciencia en esta región a finales del siglo XX y principios del XXI. Un evento de la mayor importancia que se ha aprovechado poco para pensar la ciencia dentro de los propios países de América Latina y el Caribe.

La tesis tiene como objetivo desarrollar un modelo teórico metodológico para analizar la visibilidad científica internacional de las ciencias físicas en ALyC. Un modelo que hace referencia a la visibilidad científica como un constructo colectivo de las comunidades científicas locales, a la vez un producto de los esfuerzos orientados a institucionalizar prácticas científicas, desarrollar formas de organización y capacidades más productivas. El modelo considera que los reconocimientos obtenidos en forma de citas son a estos esfuerzos comunales que hicieron posible el arraigo de las prácticas científicas, antes que a prestigios individuales. La naturaleza intertextual del trabajo científico, enfoca más la atención sobre las circunstancias del contexto social del que surgen los productos científicos, que sobre aspectos individuales referentes a la intención de los autores (Porter, 1986).

Para ello se utiliza un enfoque multidisciplinario con recursos historiográficos, de sociología de la ciencia y bibliométricos; complementado con recursos teóricos de la semiótica, la intertextualidad referencial, las teorías sociológicas sobre la construcción de sentido y la conformación de los campos y comunidades de investigación, orientados al análisis de la visibilidad científica como un concepto que se construye como componente de las prácticas científicas modernas.

De acuerdo con la hipótesis de trabajo, se infiere que el proceso de producción científica en las ciencias físicas en ALyC está acompañado de procesos de formación de entidades de investigación donde se desarrollan capacidades institucionalizadas para generar trabajos de investigación de distintos tipos; en particular, nos interesan los más relevantes, de acuerdo con el número de citas. Estos pueden ser producto del trabajo desarrollado localmente, sobre la base de los recursos de las entidades de la región, escritos en forma individual o como productos de esfuerzos colectivos, o bien trabajos que incluyen la colaboración de autores e instituciones externas.

También se considera que la reproducción de trabajos reconocidos entre los más relevantes, en términos de citas, dentro de cada país, da cuenta de la capacidad para construir los espacios y reunir los componentes mínimos necesarios para reproducir los valores, las normas, los contenidos y los patrones de comunicación, propios de una práctica científica internacional. Además suponemos que el reconocimiento en citas presume el desarrollo de prácticas científicas acordes con programas o líneas de investigación, que se desarrollan dentro de los presupuestos teóricos, metodológicos o experimentales del paradigma vigente y los grupos dominantes en las distintas disciplinas de las ciencias físicas, y que la continuidad, el volumen o el incremento de estos trabajos obedecen a múltiples factores que influyen en el quehacer científico cotidiano realizado en los países de ALyC.

El trabajo está desarrollado en cuatro capítulos. El primero se refiere al marco teórico y al modelo conceptual de análisis del concepto de visibilidad científica. Se revisan los aspectos conceptuales del desarrollo de los indicadores. Una primera etapa abarca un periodo que se denomina de la visión eugenésica a la historiometría. Se refiere a los esfuerzos orientados a seleccionar, mejorar y preservar la estirpe de los hombres de ciencia considerados como unidad principal de análisis, con propuesta para ampliar el tratamiento estadístico de la producción científica con otros recursos testimoniales impresos que F. A. Woods (1911) denominó como historiometría.

Se hace referencia a otras concepciones: la mecanicista (Kochen, 1978), análoga al crecimiento por procesos de difusión, de manera similar a la dispersión de una infección explicada con conceptos y técnicas de epidemiología matemática (Goffman, 1966). La etapa clásica (Gómez, 2007) fue inaugurada y dominada por Derek J. de Solla Price (1961, 1963) y E. Garfield (1955). En ésta se analiza la evolución de la ciencia a partir del análisis de la estructura y dinámica interna de la literatura sin considerar la influencia de factores externos. Esta última corriente pondera la publicación científica de corriente principal como unidad básica de análisis. Bajo esta última concepción, las metodologías bibliométricas encontraron en el desarrollo de indicadores, de producción e impacto, su mayor aplicación, con una orientación principal a la obtención de resultados de utilidad para el desarrollo de políticas en ciencia y tecnología.

Para este trabajo se adopta un modelo teórico de análisis que permite una aproximación distinta a las interpretaciones de orden eugenésico, de difusión epidémica o evolución mecanicista de la ciencia, así como a las concepciones clásicas orientadas, unas a explicar el crecimiento exponencial de la ciencia, a partir únicamente de elementos concernientes a la estructura y dinámica interna de la literatura, y otras que recurren a explicaciones apoyadas en los procesos de acumulación de los prestigios individuales en la ciencia.

El modelo de análisis utiliza distintos recursos teóricos (Díaz, 2005). En primer lugar, se utiliza un enfoque multidisciplinario con recursos de tipo historiográficos, de sociología de la ciencia y bibliométricos. En segundo lugar, se analiza la visibilidad científica como un componente que se construye en el proceso de emergencia e institucionalización de las prácticas científicas modernas. En tercer lugar se recurre a un análisis de los conceptos en tres niveles distintos: como signos, objetos e interpretantes (Peirce, 1955; Eco, 2005; Vidales González, 2010), como procedimiento analítico para generar diferentes instancias de construcción de dos conceptos en los contextos de países de ALyC: (1) la emergencia del trabajo científico, y (2) la visibilidad científica internacional. El análisis se complementa con conceptos de la sociología de la ciencia referentes, por un lado, a la teoría de conformación del campo científico académico (Fuentes-Navarro, 1998; Bourdieu, 1977, 1984, 2003) y, por otro lado, a la teoría de construcción del sentido (Luhmann, 2007; Vélez-Cuartas, 2010, Amozorrutia, 2012), así como a conceptos referentes a la intertextualidad referencial de los textos científicos (Porter, 1986; Bazerman, 1988, 1993; Durañona, *et al.*, 2006; Haberer, 2007).

En el segundo capítulo, se aborda el surgimiento de las ciencias físicas en ALyC como un caso de emergencia de prácticas científicas modernas en condiciones periféricas. Para ello se identifican distintos recursos de información histórico-bibliométrica, que se utilizan como elementos historiográficos propios de las circunstancias internas y externas que promovieron el desarrollo de investigaciones científicas y la publicación de resultados en revistas internacionales, con características distintas a las prácticas tradicionales de publicación en revistas e idioma local.

Se identifican las estructuras emergentes de comunicación científica que acompañaron el surgimiento y la continuidad de publicaciones de corriente principal en las ciencias físicas desde el contexto de distintas instituciones

académicas de ALyC, de acuerdo con la cobertura histórica en índices internacionales en el periodo 1900-1960.

Se utiliza una periodización historiográfica de acuerdo con dos referentes internacionales: uno ocurridos en 1945, referente a la finalización de la Segunda Guerra Mundial y, otro, a la publicación del documento “Science The Endless Frontier” (Bush, 1945), que se interpreta como el inicio de las políticas científicas y un proceso de transición de la pequeña (*Little Science*) a la gran ciencia (*Big Science*) (Price, 1961, 1963). Para ello, se divide el periodo en dos etapas históricas: (I) 1900-1944 y (II) 1945-1960. El primero se refiere al modo individual de producción de conocimientos y el segundo para mostrar su proceso de emergencia a través de indicadores histórico bibliométricos.

El tercer capítulo se refiere a la metodología de análisis. Se utiliza un modelo multidisciplinario que incluye recursos de tipo heurístico, empírico, categorías de análisis e indicadores historiográficos, de contextualización y bibliométricos, que complementan el modelo teórico conceptual del capítulo 1.

Las fuentes de datos, los repertorios de información y los métodos de análisis requeridos para la construcción del concepto de visibilidad científica tiene que ver con la identificación de los esfuerzos orientados a reunir distintos componentes: instalaciones para la investigación, instrumental científico, programas de formación especializada de recursos, políticas públicas de financiamiento, y desarrollo de líneas de investigación. Estos aspectos conforman condiciones estables promotoras de actitudes comunales, como son creencias, cultura y valores, por parte de los investigadores locales, como aspectos propios de la apropiación de un *habitus* y la formación del *oficio* de científico (Bourdieu, 2003), que son requerimientos del perfil de los agentes que participan en el proceso de formación de las comunidades científicas.



La visibilidad adquiere significancia durante distintos periodos identificados como de emergencia, institucionalización e internacionalización de las prácticas científicas, mismos que se co-construyen permanentemente entre dos circunstancias: una global y otra local.

Las primeras están identificadas con tres condiciones distintas de la ciencia internacional: (a) una de transición de la pequeña a la gran ciencia, (b) otra de crecimiento de tipo exponencial, y (c) una tercera de estabilización. Las circunstancias locales están documentadas a través de distintos recursos empíricos: (a) provenientes de indicadores bibliométricos: producción, impacto, colaboración, autoría, fuentes de publicación; (b) estructuras resultantes de patrones de comunicación científica; (c) testimonios de tipo historiográfico, y (d) indicadores de contextualización. El modelo se complementa con el uso de distintas categorías de análisis. Para el periodo 1900-1960 se emplea la información referente a los recursos humanos, materiales, y los campos comunes de los registros bibliográficos. Para el periodo 1973-2005, se desarrolla una clasificación de los trabajos de acuerdo con dos categorías principales de análisis: (1) local-endógeno y (2) local-exógeno, con dos subdivisiones. Una que clasifica los trabajos por regiones geográficas según el país de procedencia de la colaboración, y otra que los clasifica de acuerdo con 12 modalidades de colaboración.

El cuarto capítulo presenta los resultados del estudio con base en cuatro grupos de indicadores. I. Indicadores bibliométricos generales. Hacen referencia al número total de trabajos, citas, autores, instituciones, revistas, categorías temáticas, tipos de trabajo y los idiomas de publicación. II. Indicadores bibliométricos específicos. Los de autoría ofrecen información detallada sobre los patrones de publicación referentes al número de autores por trabajo, así como distintos promedios de autores por trabajo. Los indicadores temáticos ofrecen información sobre 22 categorías que incluyen los niveles de preferencia y factores de citación de cada una de ellas. Los referentes a las revistas de difusión ofrecen

distintos arreglos: por niveles de producción y factores de citación, así como información sobre la geografía de publicación. III. Indicadores geográficos. Se refieren a los países, las ciudades y las instituciones sedes de las prácticas científicas. Se ofrecen distintas clasificaciones de cada uno de ellos: por niveles de producción, factores de citación, redes de relaciones de colaboración entre instituciones, de dependencia entre ciudades e instituciones, así como geografías de producción por países y un mapa general de prácticas científicas en física en ALyC. IV. Indicadores de contextualización. Incluyen los patrones de producción de conocimientos y citación de acuerdo con dos criterios: (1) esfuerzos de tipo endógeno y (2) con influencia exógena, así como de las distintas modalidades de colaboración en cada uno de los casos, complementados con las tendencias y dinámicas de crecimiento de las distintas modalidades de colaboración.

### *Resultados principales*

Entre los principales resultados está la aportación del modelo teórico metodológico desarrollado para esta investigación. Permite analizar la visibilidad científica como un concepto que se construye como un componente más del proceso de consolidación de las prácticas científicas. En cada instancia de construcción el concepto de visibilidad desarrolla, para el contexto local, diferentes significados (interpretantes), cada uno está caracterizado por las circunstancias globales y locales que influyeron en las etapas de emergencia, institucionalización e internacionalización de las prácticas científicas. Estos aspectos permiten interpretar las citas, como eventos de reconocimiento internacional hechos al contexto (lugares, geografías) de origen de los trabajos citados.

Los conceptos de esfuerzo endógeno y de influencia exógena, como categorías de análisis, permitieron desarrollar indicadores de contextualización que muestran resultados donde las aportaciones más relevantes a la física internacional, desde la periferia latinoamericana, no son casos excepcionales, ni son sólo producto de la colaboración internacional. La tercera parte de los trabajos

más relevantes son producto del esfuerzo principalmente de tipo endógeno y de las capacidades desarrolladas por las comunidades científicas locales para acumular capital intelectual y los recursos necesarios para generar conocimientos relevantes de manera institucionalizada, en las diferentes modalidades de autoría: individual, coautoría y multiautoría, así como en las distintas formas de colaboración: intrainstitucional, interinstitucional, regional, internacional, continental y multicontinental.

Se identificó y caracterizó una geografía emergente de prácticas científicas modernas en física, con una diversificación de 597 instituciones de adscripción de autores, con participación en al menos un trabajo relevante. Se encuentran distribuidas en 208 ciudades con sede en 22 países del Norte, Centroamérica, Sudamérica y el Caribe. Una geografía con distintas capacidades y niveles de consolidación, que cuenta con sus propios centros de excelencia científica e instituciones operando como entidades periféricas. Estas características representan una garantía para mantener la continuidad en la producción de conocimientos en el área y en la reproducción de grupos de investigación en estas regiones.

### *Aportaciones del trabajo*

Encontramos distintos aspectos de interés en los ámbitos académicos, de investigación y de aplicación de los resultados. En primer lugar, los recursos teóricos utilizados, para la construcción conceptual de la visibilidad científica internacional, tanto en el ámbito de las prácticas científicas como de la comunicación; son planteamientos teóricos y, por lo mismo, están abiertos a la discusión académica. En este sentido, el modelo contribuye con un marco de referencia teórico de interés para los aspectos de enseñanza de la bibliotecología y los estudios de la información.

El modelo utiliza un enfoque metodológico multidisciplinario. Los distintos recursos de tipo teórico, metodológico, y empíricos representan un enfoque metodológico novedoso. Incluye categorías de análisis combinadas con el desarrollo de indicadores historiográficos, de contextualización y bibliométricos. Estos recursos pueden ser utilizados en programas de investigación, como metodología de análisis para estudiar los casos de otras disciplinas de las ciencias exactas, naturales o biomédicas en ALyC.

Por otro lado, se identificó una geografía emergente de prácticas científicas, con capacidades desarrolladas, en cientos de lugares, para producir conocimientos científicos relevantes en física; distribuidos en el norte, el centro, el sur de América Latina y el Caribe. Esta distribución de capacidades para reproducir conocimientos e institucionalizar prácticas científicas, aportan información estratégica para propósitos de toma de decisiones y generación de políticas científicas, orientadas a mejorar las formas de organización y producción en las ciencias físicas en ALyC.

## **Capítulo 1. Marco teórico.**

### **Modelo teórico de análisis de la visibilidad científica internacional**

#### **Modelo dominante de análisis**

##### Antecedentes

Los indicadores bibliométricos (IB) forman parte del cuadro básico de indicadores de la ciencia, que son definidos como datos seriales que miden los esfuerzos, las fortalezas, las debilidades y permiten el seguimiento del carácter cambiante de la ciencia y la tecnología a nivel mundial, nacional o de las instituciones y los grupos de investigación (National Science Board, 1975; OECD, 1976; Elkana, *et al.* 1978; Godin, 2001). Con el tiempo el desarrollo de los IB se han constituido en la herramienta de uso más generalizada para la medición de la producción y el impacto científicos (Glanzel, Schubert y Braun, 1988; Elkana, *et al.* 1978) y tienen por objeto el tratamiento y análisis cuantitativo de las publicaciones científicas (Bordons y Zulueta, 1999), así como el enriquecimiento de los análisis sociales y políticos de la ciencia y la tecnología (Albornoz, 2007). Los IB básicos más comunes se refieren al número, el tipo y la distribución de publicaciones, que también resultan los más sencillos de obtener. La producción de una unidad de investigación es el número de publicaciones y la productividad es expresada como el número de publicaciones por persona-año (Russell, Rousseau, 2003). El término indicador está propiamente reservado para una medida que explícitamente prueba alguna suposición, hipótesis o teoría, concerniente con el estado de la ciencia y la tecnología. Deben ser desarrollados en respuesta a y orientados a solucionar diferentes cuestiones y problemas (Holton, 1978).

La tarea de construir indicadores de visibilidad tiene que ver con la aplicación de métodos estándares como son los estudios o análisis bibliométricos convencionales y el desarrollo de indicadores de impacto, influencia, o calidad de trabajo académico, derivados de datos de citación. Los resultados se aplican en estudios de comunicación científica y en la evaluación

del rendimiento de la investigación científica desde distintos sectores. Los análisis de citas en la literatura bibliométrica miden el impacto de los artículos publicados por la comunidad científica, en particular, a través de citas provenientes de otros documentos científicos de la misma corriente (Moed, Glanzel, Schmoch, 2004).

Los indicadores de visibilidad cuentan con una larga tradición en estudios cuantitativos en ciencia y tecnología, adoptados y aceptados principalmente en las ciencias exactas y naturales. Existen distintos enfoques. Se han estudiado como una actividad económica, donde se pondera su utilidad económica medida en términos de leyes utilizadas en la esfera de la economía, como pueden ser criterios de rendimiento y de énfasis sobre el potencial tecnológico. Otra aproximación disciplinaria está relacionada con el enfoque sociológico, donde se da prioridad a las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la innovación con los otros sistemas, así como el rol de las políticas científicas en la generación de conocimientos y la toma de decisiones. También existen estudios relacionados con la historiografía de la ciencia que adoptan una perspectiva de la evolución histórica, buscando trazar rutas e identificar eventos importantes como referentes históricos, así como relacionar tales eventos con otros factores del amplio ambiente político, económico o social. También existen investigaciones sobre los principios básicos, suposiciones, usos, posiciones teóricas acerca de lo que miden, sus potencialidades y limitaciones (Van Raan, 1997; Moed, Glanzel, Schmoch, 2004).

P. L. K. Gross realizó en 1927 el primer estudio de impacto usando como fuente primaria estándar las publicaciones hechas en la revista más representativa de la comunidad química. Un análisis de citas en *Journal of the American Chemical Society*, para averiguar por este medio el impacto de la guerra sobre la investigación básica, particularmente en el área de la química (Gross, 1927)

## **Desarrollo de indicadores bibliométricos: marcos conceptuales**

### *Evolución de los estudios clásicos*

Los especialistas en el área identifican distintas etapas y concepciones en el proceso de evolución del desarrollo de los indicadores bibliométricos. (I) Una visión eugenésica orientada a realizar esfuerzos para seleccionar, mejorar y preservar la raza de los hombres de ciencia considerados como genios. (II) Dos etapas previas al advenimiento de los indicadores y la métrica de la ciencia (Elkana, *et al.* 1978). La primera considerada por M. Kochen (1978) como “la infancia de la ciencia”, y la segunda referente a un periodo crítico de los estudios estadísticos de la literatura denominada por A. Thackray (1978) como *etapa heroica* (Gómez, 2007). Ambos periodos con escasas posibilidades teóricas y metodológicas de proveer indicadores adecuados o aportar juicios de ayuda. (III) Una concepción mecanicista que M. Kochen (1978) ejemplificó a través de una analogía del crecimiento de una especialidad científica por procesos de difusión, de manera similar a la dispersión de una infección explicada con conceptos y técnicas de epidemiología matemática (Goffman, 1966). (IV) La *etapa clásica* de los indicadores (Gómez, 2007) inaugurada y dominada por Derek J. de Solla Price y E. Garfield. Este fue el primer intento de una explicación diferente acerca del crecimiento de la ciencia. Un enfoque orientado a la estructura y dinámica interna de la literatura, olvidándose del contexto y los procesos socio-económicos donde ocurren las prácticas científicas. El análisis sistemático cuantitativo de la producción e impacto de la literatura llegó a ser una especialidad segura en su propio derecho.

## **Las unidades básicas de análisis**

### **Los hombres de ciencia**

El interés en las estadísticas sobre la actividad científica ha cambiado con el tiempo. Las propuestas tempranas de Francis Galton (1903) y J. M. C. Cattell (1927), entre otros, iniciaron las primeras colecciones sistemáticas de

datos sobre la ciencia en el siglo XIX y principios del XX (Trackray, 1978; Godin, 2007).

Con algunas diferencias de tiempo, Alphonse de Candolle (1874), Francis Galton (1903), y J. M. C. Cattell (1927), se interesaron en el hombre de ciencia desde el punto de vista genético y la reproducción hereditaria de sus habilidades, donde el asunto de la baja producción estaba determinado, por un lado, por la disminución del número de parientes de los hombres genio y las recomendaciones para el progreso de la humanidad estaban orientadas a realizar esfuerzos para seleccionar y mejorar la estirpe de los hombres eminentes. En este último aspecto también se consideraban importantes el contexto socioeconómico, la falta de oportunidades para la investigación, el medio ambiente y las condiciones en que se realiza el trabajo de investigación, aunque estos aspectos recibieron menos atención (Woods, Cattell, 1909; Godin 2007).

La orientación y continuidad que J. M. C. Cattell dio a sus estadísticas, convencido de que podrían y deberían ser usadas en las decisiones referentes a los asuntos académicos y administrativos de las entidades de investigación, lograron impactar en otros ámbitos como son las cuantificaciones de las versiones oficiales de la ciencia (National Resources Committee, 1938). Además sirvieron como herramientas metodológicas de apoyo para los estudiosos del área de la historia y la sociología de la ciencia, particularmente la sociología americana de la ciencia.

#### De la eugenesia a la historiometría

Los autores Alphonse de Candolle, Francis Galton y J. M. C. Cattell (Godin, 2007), tomaron como unidad principal de análisis de las estadísticas a los hombres considerados como genios, basados en la creencia de que el progreso de la civilización dependía de los hombres considerados como eminencias en el ámbito intelectual y científico. Esta idea se encuentra en algunos de sus principales trabajos. Por ejemplo, Alphonse de Candolle escribió en 1873 "Historie des Sciences et des savants depuis deux siècles".



Francis Galton desarrolló en 1874 estudios sobre los genios británicos y el hombre inglés de ciencia, y J. M. C. Cattell en Norteamérica desarrolló estudios estadísticos seriados sobre los hombres eminentes (Trackray, 1978) y compartían la preocupación de que este tipo de hombres estaba en decadencia. Las estadísticas que fueron desarrolladas para documentar esta situación, así como aspectos demográficos y de distribución geográfica de los hombres de ciencia, permitieron realizar las primeras comparaciones de productividad entre naciones, ciudades e instituciones, de acuerdo con el número de hombres dedicados a la ciencia identificados en cada caso. Con este criterio o indicador cuantitativo de productividad, compilado en diccionarios, bibliografías y directorios, Alphonse de Candolle intentó caracterizar la fortaleza científica cambiante de los países por su representación entre los miembros extranjeros de la Royal Society, el French Institut y el Prussian Academy of Sciences.

Con la misma idea anterior, en Europa se compiló el British Dictionary of National Biography para el periodo 1885-1901. En América apareció por primera vez en 1898 la obra de referencia *Who is Who*, y algunos años más tarde *Statistical Study of American Men of Science*; a partir de 1906 (Trackray, 1978) permitió advertir sobre una marcada superioridad entre las ciudades y las áreas rurales para producir hombres de ciencia (Woods y Cattell, 1909), también se utilizaron como información base para realizar recomendaciones orientadas a favorecer las circunstancias que favorecen el crecimiento de los hombres de ciencia (Godin, 2007).

También se conocen otras aplicaciones tempranas de los métodos estadísticos al estudio y legitimación de disciplinas académicas específicas. F. Boas trabajó en el área de antropología, Anthony Giddens en sociología y H. L. Moore en economía (Camic y Xie, 1994); ellos utilizaron en los tres casos la literatura histórica de cada disciplina. De esta manera, el camino del análisis de las ciencias basado en las estadísticas del número de hombres eminentes de ciencia, dejó de ser la única y más importante medida de análisis.

En 1911, F. A. Woods propuso ampliar el tratamiento estadístico de la información, además de las bibliografías, biografías y directorios, a otros recursos históricamente acumulados en el gran acervo de los libros como obras histórico testimoniales impresas, con la idea de construir una ciencia exacta, que denominó *historiometría* (Woods, 1911), propuesta como un nuevo nombre para una nueva ciencia (Woods, 1909). Sin embargo esta propuesta no tuvo eco entre otros estudiosos del tema.

### **Las publicaciones científicas**

Históricamente, las distintas disciplinas que abordan el estudio de la ciencia (historia, sociología, filosofía, economía, política) han echado mano, en mayor o menor medida, de la información estadística para incrementar el conocimiento acerca de cómo funciona la ciencia misma y para dilucidar diferentes cuestiones sobre su naturaleza cambiante. A medida que han madurado las distintas concepciones sobre la ciencia, y que las disciplinas mencionadas se han consolidado como disciplinas académicas; muchos de los enfoques y resultados de estas materias cercanas se han complementado y se han venido integrando en un marco general, mutuamente enriquecedor, que abrió horizontes cualitativamente nuevos. A. F. J. Van Raan (1997) identifica un núcleo de cuatro actividades de investigación cuantitativa que actúan de manera interrelacionada: (a) indicadores en ciencia y tecnología, (b) sistemas de información, (c) interacción entre ciencia y tecnología, y (d) referentes a las estructuras socio organizacionales (Van Raan, 1997).

La disminución de los recursos públicos de apoyo a la ciencia y la necesidad de los gobiernos de contar con políticas de distribución y aplicación de los recursos, se tradujeron en demandas de recursos de información cada vez más específicas y en un conocimiento más preciso del estado de la ciencia. Estas circunstancias provocaron un proceso de enriquecimiento de las estadísticas cuantitativas seriales con el desarrollo de indicadores de productividad, impacto y rendimiento, entre otros, utilizados como información de apoyo en las tareas de evaluación.

Los pasos más importantes, en este camino de su cristalización como especialidad científica, han sido descritos por distintos especialistas (Glanzel, 2003, De Bellis, 2009), más allá de la cronología de las aportaciones de los distintos autores de las leyes, o métodos que constituyen hoy la base de esta especialidad. Para E. W. Hulme (1923) el crecimiento de la literatura científica es el resultado de fuerzas externas, extra científicas, punto de vista que compartió T. J. Rainnoff (1929). E. W. Hulme (1923) basó su explicación en la comparación entre los ciclos de producción en las ciencias con los de otras variables como son las demográficas y económicas. Él consideró que el incremento en la actividad de producción de literatura de una ciencia puede invariablemente estar asociado con causas pre-existentes. Su propia práctica es analizar las estadísticas de la ciencia y tabular los resultados en tal sentido que indiquen en qué punto y en qué línea la inversión de la ciencia está siendo bien aplicada. Sin embargo, cuando se trata de explicar los principios subyacentes de las causas que gobiernan las tendencias de la investigación científica, Hulme sugiere admitir que el curso de la ciencia está profundamente influido por agentes externos a ella.

Derek J. de Solla Price (1961 y 1963), considerado como uno de los autores clásicos que vinculó la bibliometría a la política científica, combinó la información contenida en los directorios de J. M. C. Cattell (1903) con información proveniente de indicadores de insumos y de tipo bibliométrico; consideró el conteo de trabajos y citas para documentar su ley del progreso de la ciencia (Price, 1961, 1963), y el surgimiento de una área de investigación conocida como *la ciencia de la ciencia*, orientada a aplicar los recursos de la ciencia a su estudio, con una intención distinta a los acercamientos tradicionales, donde los insumos económicos se convirtieron en la unidad principal de las estadísticas y los análisis, complementando el conteo de la literatura científica y las estadísticas sobre los hombres de ciencias.

En este ejercicio de largo plazo, los indicadores bibliométricos se han legitimado como parte de los estudios sociales e historiográficos de la ciencia. Entre sus principales aplicaciones se encuentra el área de la política científica, en cuyo ámbito forman parte del cuadro básico de indicadores de ciencia y

tecnología. Para ello se definen como una serie de datos que miden y reflejan el esfuerzo científico y tecnológico de un país, mostrando sus fortalezas, debilidades y su carácter cambiante, particularmente con el fin de identificar y advertir en forma temprana los eventos y tendencias que podrían perjudicar su capacidad de responder a las necesidades del país (OCDE, 1976; Sirili, 2006), así como su competitividad a nivel internacional.

#### De la bibliometría a la política científica

Las estadísticas basadas en las publicaciones como medidas básicas de análisis aplicadas al estudio de la ciencia, inauguraron un modo distinto de investigación (Trackray, 1978). La publicación fue propuesta como la unidad básica de medida para los estudios de la ciencia por F. J. Cole y N. B. Eales, (1917), ellos argumentaron que son productos definitivos del trabajo intelectual, obras aisladas, permanentes, accesibles que pueden ser juzgadas y que en la mayoría de los casos es posible conocer cuándo, dónde y por quién fueron hechas.

El surgimiento del análisis estadístico de la literatura científica, en las primeras décadas del siglo XX, permitió realizar comparaciones de la productividad científica entre países, a partir del número de trabajos publicados como unidad de análisis de la ciencia, reportados en los trabajos pioneros de F. J. Cole y N. B. Eales (1917), A. Dresden (1922) y E. W. Hulme (1923). Estos resultados y la metodología de obtención fueron reforzados con las propuestas contenidas en los modelos teóricos desarrollados por A. Lotka (1926), S. C. Bradford (1934) y G. K. Zipf, (1949), referentes a la distribución de publicaciones por autores, revistas y presencia de palabras en los textos, respectivamente. No obstante estas aportaciones el desarrollo de las técnicas bibliométricas no recibió mucha atención (Glanzel, Schubert, Braun, 1988) y fueron poco conocidas como dominio del trabajo profesional del mundo de las bibliotecas. Pero luego se encontraron nuevas aplicaciones, en los ámbitos de la sociología y la historia de la ciencia, como herramientas de investigación y administración en los ámbitos de la ciencia (Russell, Rousseau, 2003), donde

cobraron importancia, principalmente a partir de de la segunda mitad del siglo XX.

Los aspectos anteriores forman parte de un movimiento orientado a conocer el estado general de la ciencia y a intentar dirigir su crecimiento con la ayuda de indicadores (Kochen, 1978); esto forma parte de un largo proceso de maduración de las teorías y metodologías que hicieron posible la reivindicación de los indicadores bibliométricos, en el reino del desarrollo de las políticas en ciencia, tecnología, desarrollo e innovación.

En este ámbito fue necesario redefinir y normalizar la unidad de análisis. Encontrar una definición más específica de la publicación como unidad de análisis, que diferenciara o distinguiera entre las publicaciones originales y de otro tipo, por ejemplo las de divulgación, educativas (carácter enciclopédico y de libros de texto). La idea de restringir la medida de análisis al reino de las publicaciones originales publicadas en las revistas más representativas de la ciencia, tuvo una aceptación gradual con el tiempo y fue puesta en práctica por E. W. Hulme (1923), en la compilación selectiva de su *Catálogo Internacional de la Literatura Científica* (Gómez, 2007). Después, E. Garfield (1955, 1987) consideró únicamente los contenidos de las revistas de corriente principal como una política selectiva de cobertura que se convirtió en un estándar internacional a partir de la creación del Science Citation Index (SCI) a principios de los años 60.

## **Las citas bibliográficas**

El uso de las citas bibliográficas, en el desarrollo de los indicadores bibliométricos, complementó el uso de las publicaciones como unidad básica de análisis. Existe una evolución de lo que se puede considerar como la pre-bibliometría en la sociología de la ciencia, caracterizada por su alta dependencia de la bibliografía estadística o de los conteos de la literatura para propósitos de estudios históricos en la ciencia. Ya no fue necesario suponer, en los estudios cuantitativos, que cada descubrimiento científico, publicación

científica, revista o patente, son eventos con significancia histórica igual, o dejar de interpretar como hechos con un valor equivalente, los eventos mencionados en las cronologías por los bibliógrafos o historiadores; reduciendo la originalidad de cada uno de ellos en una unidad de medida.

En el otro extremo del problema, de esta generalización, se encuentra la búsqueda de indicadores que midan la calidad científica intrínseca de las publicaciones, como criterio de clasificación o diferenciación de la importancia propia de las publicaciones (Platz, 1965). En este terreno, la práctica que cuenta con mayor aceptación en las comunidades científicas es la evaluación de los contenidos de las contribuciones científicas por grupos de expertos en cada disciplina, conocida como revisión de pares; sin embargo, esta práctica no está exenta de sesgos, abusos y falta de transparencia; aspectos que han sido advertidos por miembros de la propia comunidad científica (Davidoff, *et al.* 2001).

Hasta el momento, lo cuantitativo todavía cuenta en los procesos de evaluación del trabajo académico y de investigación (Cronin, 2005) y aún no existe la teoría ni las metodologías de desarrollo de indicadores de la calidad del trabajo académico y de investigación, que logren consenso completo entre los especialistas (Cronin, 1981; Cozzens, 1989; Glanzel, 2003, De Bellis, 2009). Lo que si existe son aproximaciones y metodologías que ayudan a diferenciar la importancia de los trabajos. Los indicadores más usados y también más controvertidos (Cronin, 2005), son los resultantes de los análisis de citas: factores impacto (normalizados, renormalizados), índices h, e indicadores de visibilidad, entre otros.

Las citas bibliográficas, consideradas como medida de impacto en las ciencias de la información y la bibliometría, han sido utilizadas como un indicador del impacto o la visibilidad de las publicaciones científicas entre sus pares. N. Weinstock (1971) reconoce distintas razones principales para citar, entre las que destacan: (1) homenaje a los pioneros del campo; (2) dar crédito a trabajos relacionados; (3) identificar metodologías o herramientas de apoyo; (4) proveer lecturas sobre antecedentes; (5) hacer correcciones sobre el trabajo propio o el de otros; (6) críticas a trabajos previos, (7) para sostener algunas

afirmaciones; (8) alertar sobre futuros trabajos; (9) alertar sobre trabajos poco conocidos; (10) dar crédito a datos o hechos; (11) identificar la originalidad de una publicación donde una idea o un concepto fue discutido; (12) identificar la publicación original donde se describe un concepto o término epónimo; (13) rectificar o rechazar trabajos o ideas de otros; y (14) defender la prioridad en las afirmaciones de otros. En la práctica, cada una de estas razones, incluyendo las citas negativas, pueden operar como elementos de una matriz de análisis de las estructuras internas de las publicaciones, mismas que pueden ser utilizadas para desarrollar clasificaciones con significados distintos de cada uno los trabajos citados, o para desarrollar modelos cuantitativos capaces de contabilizar los eventos de importancia basados en análisis de la estructura interna de los datos.

El establecimiento de las citas como medida de la importancia y diferenciación de los trabajos científicos se consolidó e instrumentalizó con la introducción del SCI. Esta publicación fue instrumental para la institucionalización de una corriente o escuela en sociología de la ciencia que estudia el crecimiento de la ciencia a partir de aspectos referentes a su dinámica y estructuras internas. Esta aplicación de la bibliometría, orientada a desarrollar y proveer herramientas para la evaluación de la investigación, no es una sustitución de los procedimientos de evaluación de los resultados de investigación, ni tampoco apunta a reemplazar métodos cualitativos, pero sí a complementarlos, como puede ser el caso del proceso de revisión de pares o evaluación de expertos.

La publicación científica de corriente principal.

El concepto de visibilidad científica forma parte de la argumentación teórica que sustenta el proceso de promoción y adopción de la publicación científica como la unidad básica de análisis para desarrollar indicadores de producción e impacto científico, tanto a nivel local de los países como de comparación a nivel internacional. La visibilidad científica como una medida del número de citas bibliográficas recibidas por los trabajos publicados, fue utilizada primero por A. Platz (1965). Posteriormente fue instrumentalizada

como un indicador o factor de impacto de las fuentes que difunden estos trabajos. Esta medida ha servido como criterio para seleccionar, del universo de revistas, aquellas que reúnen los trabajos con el mayor número de citas o factor de impacto, dando lugar a una clase de publicaciones denominadas de corriente principal. Cualquier publicación hecha fuera de estas revistas es considerada marginal y sus resultados son ignorados en la medida que no son referidos (Kovriga, 2002). La literatura publicada en estas fuentes se considera la más visible y con mayor disponibilidad en los principales sistemas de información científica, tanto generales como *Web of Science*, *SCOPUS*, como los especializados en las ciencias físicas: *INSPEC*, *SPIRES*, y *ADS-NASA*, entre otros, que forman parte del sistema de comunicación científica moderna.

### **La literatura científica en física: características**

Los investigadores en ciencias físicas se encuentran entre las comunidades de autores que más han contribuido, en sus prácticas científicas diarias y de publicación, a conformar las características de la ciencia de corriente principal (Coblans, 1975). Estas características se reproducen en un modelo de comunicación, integrado por sistemas de arbitraje, editorial, de metadatos y de centros de investigación de mayor prestigio en el campo. Están organizados como una estructura internacional que avala, por un lado, la publicación, difusión y disponibilidad de los conocimientos, en un conjunto selecto de revistas y servicios de información especializados; y, por otro lado, que conforma el lenguaje técnico y los paradigmas científicos dominantes en el campo.

Los autores de las ciencias físicas recurren al estilo de escritura más aceptado en la ciencia moderna, basado en un código de comunicación estructurado en cinco dominios de información: introducción, métodos, resultados, discusión y referencias (Bazerman, 1988, 1988a, 1988c, 1988d; Pontille, 2003). Comunican sus resultados, principalmente, en idioma inglés y reproducen prácticas de citación y colaboración con tendencias crecientes con respecto al número de referencias y de coautores por trabajo.



La literatura científica de los países de ALyC, generada en la primera mitad del siglo XX, está escrita y publicada principalmente en el idioma, las temáticas y los medios de difusión de carácter local; forman parte de los sistemas endógenos de comunicación científica, fuertemente dependientes de los intereses y circunstancias del contexto local (Collazo-Reyes, Luna Morales, Vélez, Cuartas, 2010; Collazo-Reyes, Luna Morales, Russell, Pérez Angón 2011), y fuera de los sistemas de selección y cobertura de las revistas y los índices internacionales. Para el caso de los países de ALyC, el surgimiento de la literatura de corriente principal en física, es un evento emergente en la historia de los procesos de conformación de los sistemas de comunicación científica locales (Collazo-Reyes, Luna Morales, Russell, Pérez Angón, 2011), y el incremento en la producción da cuenta del nivel de adopción, en estos países, del estilo y las marcas del código de la comunicación científica moderna.

La etapa de los indicadores bibliométricos.

Durante la primera mitad del siglo XX, la disciplina de la física manifestó profundas transformaciones. En este periodo tuvo lugar el proceso de transición de la física clásica a la física moderna. Yves Gringras (2010) analizó recientemente cientos de miles de trabajos publicados entre 1900 y 1945, e identificó varias características de esta transformación. Destaca la emergencia de los conceptos y campos de investigación que dieron lugar a la formación de la mayoría de sus disciplinas académicas de la física (Mecánica cuántica, relatividad, física de campos y partículas, física atómica y nuclear); así como los tipos de investigación (teórica, experimental y fenomenológica) que hoy conocemos.

La comunidad científica internacional en física, conformada en torno a estas disciplinas y tipos de investigación, participó en la conformación de las características del sistema de comunicación científica moderno, desarrolladas durante la segunda mitad del siglo XX (Bujdosó y Braun, 1983). Un modelo centrado en la publicación científica de corriente principal, la adopción de

prácticas de citación y el uso de indicadores de impacto, que juntos operan como componentes de un mecanismo de reproducción del modelo dominante de citación en la ciencia característico del siglo XX.

Cada una de las disciplinas en las ciencias físicas, desarrolló sus formas de organización, niveles de producción, prácticas de publicación y patrones de citación en sus distintos tipos de investigación: teórica, fenomenológica o experimental. Algunas disciplinas como la astronomía-astrofísica, la óptica y la física de campos y partículas elementales, destacan por su alta dependencia del instrumental científico y las formas de organización y publicación colectiva. También destacan por sus altos niveles de producción, citación y factores de impacto. Lo anterior en comparación con las disciplinas que dependen más de la investigación de tipo teórico, como son la física matemática, estadística y relatividad, entre otras; tradicionalmente menos dependientes del instrumental científico y del trabajo colectivo. Cuentan con niveles inferiores de producción y sus publicaciones incluyen los periodos de citación más largos. Otras disciplinas como la física nuclear, atómica y del estado sólido, han desarrollado, con respecto a las disciplinas anteriores, los patrones intermedios de producción y citación de la física. En términos generales, todas las áreas presentan tendencias de crecimiento en el número de publicaciones, referencias hechas en los trabajos y el número de citas recibidas.

Los criterios para identificar y cuantificar la producción y el impacto científico, en las distintas disciplinas científicas, incluyendo la física, fueron implementados en los índices ISI-Thomson. Aparecieron como un esfuerzo importante y novedoso. Mantuvieron una utilidad creciente como metodologías de obtención de indicadores a nivel local de los países y permitieron la comparación entre países y regiones a nivel internacional. Sin embargo, resultan insuficientes, por si solos, para propósitos de desarrollo de política científica,

#### Formación de los prestigios en la ciencia

Es importante recalcar que la producción, la distribución y el uso global del conocimiento científico son controlados y regulados por las instituciones y

corporaciones de los países desarrollados (Dugger, 1989; Drahos, Braithwaite, 2002; Moskovski, 2011). En estas circunstancias el desarrollo de los indicadores bibliométricos, como medidas acumulativas de producción e impacto, dio lugar a la formación de los prestigios individuales en la ciencia, mismos que son reproducidos en forma de clasificaciones (*rankings*) internacionales (National Science Indicators; ISI *HiglyCited.com*). Aquí toman forma los prestigios científicos, en forma de indicadores de producción e impacto, acumulados y clasificados por nombres de autores, revistas, temas, editoriales e instituciones. Generalmente estos prestigios, producto de la metodología dominante, se han desarrollados sobre la base de la información de los índices ISI-Thomson y han estado reservados para los actores de la ciencia desarrollada en un pequeño grupo de países de las regiones de América del Norte, Europa y Asia. El modelo dominante de identificación de los criterios en la ciencia pondera criterios que excluyen a la gran mayoría de los países, autores, revistas, e instituciones, incluyendo a las regiones de América Latina y el Caribe.

Existen distintos trabajos con esta orientación, por ejemplo, David King (2004) utilizó el 1% de los trabajos más citados y con este criterio elaboró una geografía internacional reciente de la ciencia de impacto. La clasificación resultante incluye únicamente 31 países que produjeron el 98% de estos trabajos más citados.

Los índices multidisciplinarios *WoS* y ahora también *SCOPUS*, ofrecen distintas metodologías de identificación de prestigios científicos, disponibles en forma actualizada en línea. Esto le permite al *WoS* marcar la pauta a través de distintos servicios, entre otros: (1) *Journal Citation Reports*, que agrupa las revistas por categorías, factores de impacto y productividad; (2) *Essential Science Indicators*, que ofrece clasificaciones de instituciones y áreas temáticas de mayor prestigio, con base en los trabajos con 100 o más citas; (3) *ISI HiglyCited.com*, que realiza estudios orientados a identificar y honrar a los 250 investigadores de cada disciplina cuya colección de publicaciones han recibido el más alto número de citas en las últimas décadas ([http://thomsonreuters.com/products\\_services/science/science\\_products/a-](http://thomsonreuters.com/products_services/science/science_products/a-)

z/essential\_science\_indicators/). Por otro lado, grupos como la Universidad Jiao Tong de Shanghai en China (Florian, 2007), y *SCOPUS-SciMago*, también utilizan la producción y el impacto, medido en citas, como parte de los criterios importantes para elaborar los rankings académicos de las universidades de clase mundial.

Los criterios anteriores, utilizados para clasificar la ciencia a través de métodos de acumulación de trabajos y citas, reproducen permanentemente una misma geografía. Una distribución geográfica de los prestigios en la ciencia de la que no forman parte los países de ALyC. En estas clasificaciones no aparecen, en los lugares que dan prestigio, los países, las revistas, los autores ni las instituciones latinoamericanas. La presencia de Brasil en clasificaciones de países, y las Universidad de Sao Paulo y la Nacional Autónoma de México (Todorov, 1985), en clasificaciones internacionales de instituciones, son considerados como casos excepcionales.

#### Reproducción del modelo norte sur

Para algunos autores (Lane, 2010; Nwagwu, 2010), lo que emerge de las iniciativas de los rankings reproductores de los prestigios en la ciencia, no es un sistema global de evaluación de la ciencia sino, principalmente, un sistema de vigilancia académica, con el potencial suficiente para ejercer un amplio control hegemónico sobre la producción del conocimiento académico. Se trata de esfuerzos propietarios con datos poco transparentes (Lane, 2010).

El uso de estos indicadores por si solos, sin considerar los aspectos referentes al contexto social en que emergen las prácticas científicas modernas (Martínez, 2003; Guillaumin, 2005), reproducen la interpretación de un modelo que parecía superado, basado en la teoría de un *centro*, cuya hegemonía es permanente, y una *periferia* como destino inmutable de la ciencia de los países en desarrollo. Este modelo basado en la formación de pautas coloniales, es el más criticado y, por lo mismo, es el menos aceptado y recomendado en los análisis de la ciencia (Cueto, 1997; López-Beltrán, 1997; Hodara, 2007).

Bajo esta situación, los países de la región de ALyC juegan roles permanentes de países periféricos a estos centros hegemónicos y dependientes de estos prestigios. La corriente principal de pensamiento en el área de la bibliometría/cienciometría (Meneghini, Packer, Nassi-Calo, 2008; Liang, Rousseau, Zhong, 2011) reproduce resultados que ratifican este modelo; donde, por un lado, la ciencia de mayor visibilidad científica generada en los países periféricos de la región de ALyC, es aquella que está realizada en colaboración con los autores y las instituciones poseedores de los prestigios en cada uno de los temas (Pereira-Friedrich, Dos Santos-Rodríguez, 1998; Meneghini, Packer, 2006; Meneghini, Packer, Nassi-Calo, 2008; Regalado, 2010) y, por otro lado, los trabajos realizados en contextos locales, por investigadores adscritos a instituciones de ALyC, están predestinados a un rol de trabajos escasamente citados e irrelevantes, y los que bajo esta última condición, logran impactos relevantes, son considerados como casos excepcionales (May, 1997).

## **Propuesta. Modelo teórico de análisis**

### Centros y periferias en una relación dinámica

Paralelamente al proceso de consolidación de los indicadores basados en la literatura de corriente principal (Frame, 1997; Braun y Schubert, 1997), han existido voces de autores que han cuestionado estos enfoques (Arunachalam, Manorama, 1988; Arunachalam, 1995; Bell, 1997; Martínez, 2003, Moskovkin, 2011). Se trata de propuestas orientadas a enriquecer la discusión sobre la base del desarrollo de nuevos modelos de abordaje, que capturen de mejor manera la complejidad de los procesos que intervienen en la generación de conocimientos en situaciones de adversidad (Cueto, 1997; López-Beltrán, 1997; UNESCO, 2005, 2010; Nwagwu, 2010), con planteamientos más horizontales y menos verticales.

El presente estudio se inscribe en el marco de estas preocupaciones, donde el incremento de la aportación a la ciencia internacional, desde las regiones con menor tradición científica (Nwagwu, 2010), como es el caso de

ALyC, se deben considerar como eventos con mayor importancia dentro de las propias regiones.

Poder explicativo de las prácticas científicas: ciencias físicas

Las ciencias físicas, constituyen una de las áreas del conocimiento con mayor aportación al crecimiento de la ciencia en ALyC. Están consideradas entre las ciencias más consolidadas e internacionalizadas de la región latinoamericana (Albornoz, 2001; De Castro Moreira, 2003; Leta, Glanzel, Thijs, 2006a, Albornoz, 2001). Cuenta con prácticas de producción y comunicación de conocimientos incorporados a los patrones de la comunicación científica internacional y con una aceptación tradicional de evaluación a través del uso de los indicadores bibliométricos, tanto a nivel internacional como de ALyC (Appenzeller, 1995; Ayala, 1995; Bhattacharya, 1996; Cohen, 1995; Da Costa, 1995; Gringas, 2010, 2010a; Pyenson, Singh, 1984; Reichenbach, 2009).

El marco conceptual desde el cual se aborda este análisis tiene que ver con una corriente de pensamiento ubicada en el área de estudios en Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS). Está identificada como teoría de las prácticas científicas (Livingstone, 2000; Martínez, 2003; Powell, 2007; Seth, 2009). Una concepción que recurre, en términos generales, el poder explicativo de las prácticas científicas y sus contextos. Estas corrientes ponen mayor énfasis en mostrar la evolución de la ciencia y los campos científicos como procesos de construcción de conocimiento, a través de la articulación de prácticas epistémicas, más que en función del concepto tradicional de descubrimientos científicos.

Este mismo enfoque fue utilizado para analizar la física de campos y partículas elementales (Pickering, 1981, 1982, 1984, 1995; Pickering, Trower, 1985; Knorr Cetina, 1999). Aquí se han realizado algunos de los trabajos más representativos de esta corriente. Los títulos de estos trabajos dan cuenta del uso de los conceptos *construcción* y *prácticas* como categorías preferidas de análisis: "Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics" (1984); "Elementary Particles: Discovered or Constructed?" (1982); "The

"Mangle of practice" (1995), y "The Hunting of the Quark" (1981), entre otros. Todos escritos por Andrew Pickering, que es uno de los autores pioneros de este enfoque aplicado a la física.

Esta aproximación es distinta a las interpretaciones mencionadas referentes a las concepciones basadas en la biología eugenésica, en la difusión epidémica o la evolución mecanicista de la ciencia; así como a las concepciones clásicas orientadas, unas a explicar el crecimiento exponencial de la ciencia, a partir únicamente de elementos concernientes a la estructura y dinámica interna de la literatura, y otras, que recurren a explicaciones apoyadas en los procesos de acumulación de los prestigios individuales.

El modelo de análisis del concepto de visibilidad científica recurre a tres tipos de recursos teóricos conceptuales. (1) Como un concepto complejo que requiere de un enfoque general multidisciplinario. (2) Un enfoque historiográfico social. Este analiza el concepto como componente de una práctica humana que se replica, genera conocimientos, logra espacios y recursos materiales para su desarrollo, y (3) como elemento de comunicación científica que genera estructuras de relaciones y cuando se repite genera significancia, construye sentido y acumula prestigio que se traduce en acumulación de capital simbólico para las comunidades científicas.

### **Enfoque multidisciplinario**

Se utiliza un enfoque multidisciplinario con recursos historiográficos, de sociología de la ciencia y bibliométricos. El aspecto historiográfico requiere incluir los antecedentes históricos referentes al proceso de construcción de los espacios físicos y los esfuerzos orientados a reunir los componentes mínimos necesarios para el desarrollo de prácticas científicas modernas, mismo que están documentados en el capítulo 2.



**Fuente: Desarrollo propio.**

Figura1. Visibilidad científica internacional: enfoque multidisciplinario de análisis.

Aspecto sociológico. La idea de colocar las prácticas y sus contextos, al centro del modelo de análisis de la visibilidad científica está de acuerdo con las propuestas sociológicas de Pierre Bourdieu (1977, 1984, 2003) y Anthony Giddens (1984). Se refieren al estudio de las estructuras y las dinámicas de las prácticas científicas, como componentes contruidos socialmente y que sirven de apoyo para explicar los procesos de conformación de los campos científicos. Bajo esta concepción, el componente de la visibilidad científica de la física en ALyC, evoluciona en un proceso de construcción de sus estructuras, asociado a las circunstancias de formación de las comunidades científicas o campos de investigación, constreñidas por las características adversas de los contextos locales: grupos pequeños de investigación y en proceso de formación, investigaciones principalmente de tipo teórico, dependencia de universidades extranjeras para formación de recursos humanos, programas académicos y de investigación en formación, escasez de instrumental científico e insuficiencia de recursos económicos.

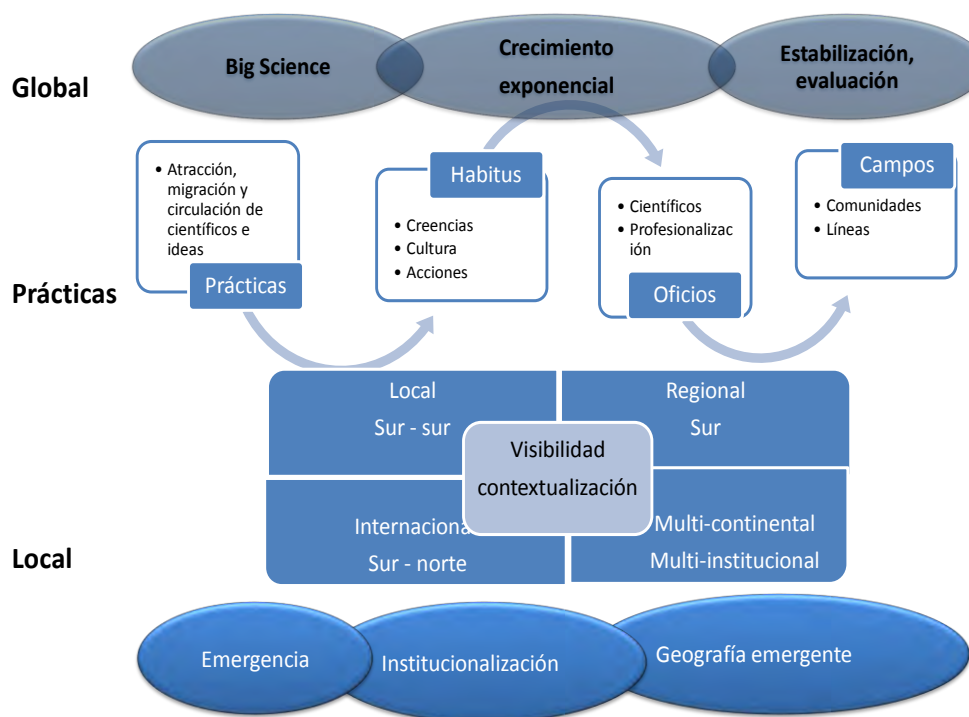


Aspecto bibliométrico. El reconocimiento del trabajo científico, desarrollado en el contexto de los países menos desarrollados, en términos del número de citas hechas y trabajos registrados en índices internacionales, son indicadores del largo proceso de acercamiento e incorporación de las comunidades científicas locales a la cultura y los paradigmas desarrollados en los distintos tipos de investigación de la física internacional: aspectos referentes a la normatividad, las teorías, metodologías, instrumental científico, paradigmas y formas de organización. Un ejercicio de dar y buscar el reconocimiento entre especialistas por medio de referencias bibliográficas, acorde a la normatividad y las pautas que rigen a nivel internacional a las prácticas de citación científica. Estas relaciones se utilizan cada vez más como testimonios históricos para mostrar las formas de estructuración social de los patrones de comunicación científica.

## **Modelo teórico**

### **Enfoque historiográfico social**

Este aspecto tiene que ver con entender la visibilidad científica como uno más de los componentes que se construyen a través de la repetición de prácticas científicas realizadas en las condiciones materiales específicas de los lugares donde éstas se desarrollan (Amsterdamska, 2008; Henke, Gieryn, 2008). Una teoría que asume, por un lado, que el quehacer científico, como acción humana, es desarrollado dentro del contexto de una estructura social pre-existente, gobernada por un conjunto de normas y leyes que varían de un lugar a otro (Giddens, 1984) y, por otro lado, que aún en los momentos de mayor globalización del quehacer científico, las prácticas científicas tienen una geografía (Martínez, 2003; Guillaumin, 2005), es decir que todas las prácticas asociadas al proceso de investigación llevan la impronta de su contexto, incluyendo las prácticas de citación.



Fuente: Desarrollo propio.

Figura 2. La visibilidad científica internacional como componente de las prácticas científicas.

El modelo de la figura 2, está apoyado, centralmente, en caracterizar los procesos que hicieron posible la emergencia, institucionalización y diversificación de las prácticas científicas modernas en ALyC, a partir de un trabajo de documentación histórico bibliográfica de los esfuerzos que conformaron condiciones de estabilidad, mismas que hicieron posible la continuidad de estas prácticas y que permiten identificar además de la génesis, las rutas que siguió el proceso de escritura de los trabajos y la formación de las líneas de investigación como eventos de conformación de campos y comunidades científicas, en distintas áreas de la física. Se utilizan distintos recursos teóricos conceptuales y empíricos. Para propósitos del modelo, la formación de campo académico se entiende de acuerdo al concepto de Pierre Bourdieu (1984, 2003), como un espacio promotor de actitudes comunales, como son el desarrollo de creencias, cultura y valores, por parte de los investigadores, como aspectos distintivos de apropiación de un *habitus* y de formación del *oficio* de científico. Estos aspectos se desarrollan en un

ambiente de competencia científica permanente, entre sus miembros, por la acumulación de capital científico académico. Un capital simbólico que se conforma con la suma de todo tipo de logros académicos y reconocimientos científicos, incluyendo la producción de trabajos y citas (Fuentes-Navarro, 1998; Bourdieu, 1984, 2003).

El *habitus* y *oficio* de científico se desarrollan, generalmente, durante el proceso de formación académica que implica el desarrollo de prácticas de investigación y preparación de reportes científicos, tanto para propósitos de publicación como de obtención de grados de formación académica. De acuerdo con el modelo, los distintos componentes de las prácticas, incluyendo la visibilidad científica, tiene que ver con la construcción de condiciones, el desarrollo de programas y capacidades, con la autoridad académica necesaria, para formar generaciones de recursos especializados en los contextos locales, con el grado académico de doctor en física. Esta capacidad local de formación de recursos humanos complementó la única vía posible de contar con doctores en física, que consistía en recurrir a instituciones extranjeras para contratar o formar investigadores.

Con estos perfiles de doctores formados en instituciones del sur, una nueva generación de investigadores se incorporó a participar en el proceso de formación de los campos y las comunidades de investigación en los países de la región. Compitiendo en la publicación de trabajos y la obtención de citas. La continuidad en la obtención de estos dos componentes, por parte de la comunidad de un campo, se interpreta como indicadores de consolidación de las capacidades locales para producir conocimientos, así como para difundir normas y reproducir prácticas científicas en los propios contextos en formas institucionalizadas y sostenibles.

El proceso de evolución de la visibilidad internacional de la física se divide en tres etapas, de acuerdo con una periodización de las circunstancias globales y locales. A nivel internacional se identificaron las siguientes circunstancias: (1) un proceso de transición de la pequeña a la gran ciencia, (2) un crecimiento histórico de la ciencia de tipo exponencial y (3) una etapa de

estabilización de la producción científica en los países más desarrollados, acompañada de un incremento de la importancia de las actividades de evaluación, relacionadas principalmente con criterios de asignación de recursos. Estos aspectos han influido de manera distinta en el desarrollo de las prácticas científicas a nivel local.

La primera etapa se corresponde, a nivel local, con los procesos de emergencia de las prácticas científicas, la segunda con los esfuerzos orientados a su institucionalización, y la tercera con un proceso de diversificación y la formación de nuevas geografías de prácticas científicas. Cada etapa genera sus propios mecanismos de influencia en la conformación de los patrones de citación de la física local.

#### Emergencia del trabajo científico moderno en física

La primera etapa del modelo está identificada con el proceso de transición de la pequeña a la gran ciencia. Este evento conforma un marco internacional general caracterizado por un consenso a nivel de los países más desarrollados sobre la importancia de la ciencia como motor estratégico de desarrollo y, como consecuencia de esto, una preocupación, principalmente en USA, por dotar de políticas científicas el desarrollo de la ciencia que dio como resultado la creación de la National Science Foundation (NSF). Entidad dedicada a promover la ciencia y desarrollar políticas orientadas a encontrar formas de organización más productivas. Este periodo está caracterizado por un modo de producción científica basado en trabajos desarrollados principalmente de manera individual. En el ámbito de los países de ALyC tiene que ver con el desarrollo de esfuerzos orientados a construir condiciones que hicieron posible el surgimiento de las prácticas científicas modernas<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Este último aspecto se encuentra ampliamente documentado en la investigación histórica bibliográfica del capítulo 2, tablas 1-4 y figuras 6-8.

## Institucionalización

Esta segunda etapa del modelo, tiene como referente internacional un evento histórico documentado como un periodo de crecimiento de tipo exponencial de los recursos e insumos de la ciencia (Price, 1961, 1963). Las actividades científicas encontraron formas de organización colaborativa más productivas en laboratorios industriales, públicos y privados, pero principalmente en universidades que complementaban los programas de investigación con los de formación de recursos humanos. A nivel de la comunicación científica, se consolidaron las editoriales comerciales, se incrementaron los índices bibliográficos de resúmenes, principalmente de tipo especializado. También se crearon los índices de citas y, con ellos distintos indicadores de impacto, que utilizan las citas como unidad principal de análisis. Se consolidaron los conceptos de factor de impacto que sirvió para dividir la literatura científica en dos universos. (1) una de corriente principal, aquella que está publicada en revistas incluidas en los índices de citas, y (2) otra que está fuera de la cobertura de estos índices.

Estos eventos influyeron, a nivel local, en los procesos de institucionalización de las prácticas científicas modernas, ocurridos principalmente durante el periodo 1950-1980. El capítulo 2, incluye información que documenta este proceso a través de los siguientes aspectos: creación de instituciones de investigación, de promoción y financiamiento de las actividades científicas, revistas científicas, realización de congresos, conferencias, programas de formación recursos, y la adquisición de instrumental científico. Estos aspectos ayudaron a crear las condiciones que permitieron mantener la continuidad en la producción de resultados.

Estas circunstancias incrementaron las relaciones de colaboración. Los grupos de investigación de ALyC encontraron formas de incrementar el flujo de conocimientos y la movilidad de científicos con centros de investigación del extranjero. Se incrementaron las modalidades de colaboración y la formación de recursos, a través de la participación de estudiantes en programas de posdoctorado, cursos de especialización o de verano, así como el intercambio

de investigadores a través de estancias cortas o seminarios de investigación. Esta actividad de interacciones promovió el desarrollo de relaciones de investigaciones manifestadas en distintas modalidades de coautoría.

La etapa de institucionalización, está acompañada de un proceso de diversificación de los componentes de las prácticas científicas, incremento del número de instituciones de investigación, opciones de formación de recursos en instituciones locales, externas y modalidades de investigación. Los miembros de las comunidades en física desarrollaron capacidades para realizar trabajos de investigación, incluyendo publicaciones relevantes en cuanto a citas; ya sea de manera individual, o en las distintas modalidades de colaboración con otros investigadores. Esta diversidad está documentada en el modelo a través de una clasificación que agrupa los trabajos de acuerdo con dos criterios: (a) el contexto de realización y (b) la influencia externa, en términos de relaciones de coautoría. Se utilizan dos categorías de acuerdo con las circunstancias de realización: (1) *locales-endógenos*, y (2) *locales-exógenos*. Los primeros están identificamos con los productos de investigación con mayor influencia del contexto local y, los segundos, con influencias externas, recibidas a través de las relaciones con autores e instituciones con sede en países de mayor tradición científica. Cada una de las dos categorías, incluye una clasificación de modalidades de colaboración científica institucional, de acuerdo con la procedencia geográfica de la colaboración, dividida en diferentes niveles: (1) local, (2) regional, y (3) continental. A su vez, el nivel local incluye dos tipos: (1.1) local-local, (1.2) local-nacional.

#### Estabilización internacional de la producción científica

El tercer referente internacional tiene que ver con el periodo de finales del siglo XX. Se refiere a un cambio en la tendencia exponencial de crecimiento de la ciencia mostrado desde el inicio de la segunda mitad del siglo XX. Este cambio está marcado por la estabilización de la producción científica en los países más productivos (USA, Alemania, Inglaterra, Francia, Japón), así como por un incremento en la tasa de crecimiento de la producción de varios países asiáticos, europeos y de América Latina, con aportaciones tradicionalmente

marginales a la ciencia. Entre estos países destacan China, Corea del Sur, España, Brasil, entre otros.

Este proceso de estabilización de la producción está asociado a las dificultades para mantener los requerimientos de financiamiento, también de orden exponencial, requerido por el ritmo de crecimiento exponencial de la literatura. Los requerimientos de nuevos estados del arte en tecnología para lograr los escalamientos de magnitud en velocidad y energía que requiere la investigación experimental de los fenómenos, también requiere de escalamientos de órdenes de magnitud en el financiamiento. Esta situación incrementó el desarrollo de políticas públicas de financiamiento basadas cada vez más en indicadores de evaluación y rendimiento de las unidades de investigación. La física de partículas elementales y de astro-partículas, representan los casos extremos de escalamientos tanto en los costos de financiamiento, como en los niveles de producción y citación.

Esta situación ha influido en la participación de las comunidades locales en las nuevas modalidades de investigación desarrolladas a nivel internacional. Estas incluyen formas de organización y producción basadas en la multi-colaboración entre países, instituciones y autores. Conformando consorcios científicos, nacidos para operar apoyados a través de las facilidades de las tecnologías de la comunicación, como una manifestación de la globalización de la actividad científica, con una clara orientación hacia la búsqueda de resultados ligados a objetivos de impacto mundial. Esta modalidad de colaboración incluye compromisos compartidos referentes al financiamiento, la construcción del equipo experimental y la publicación de resultados. La participación de los países de ALyC en este tipo de proyectos se debe ver reflejada en los niveles de producción y citación.

## **Construcción conceptual de la visibilidad científica**

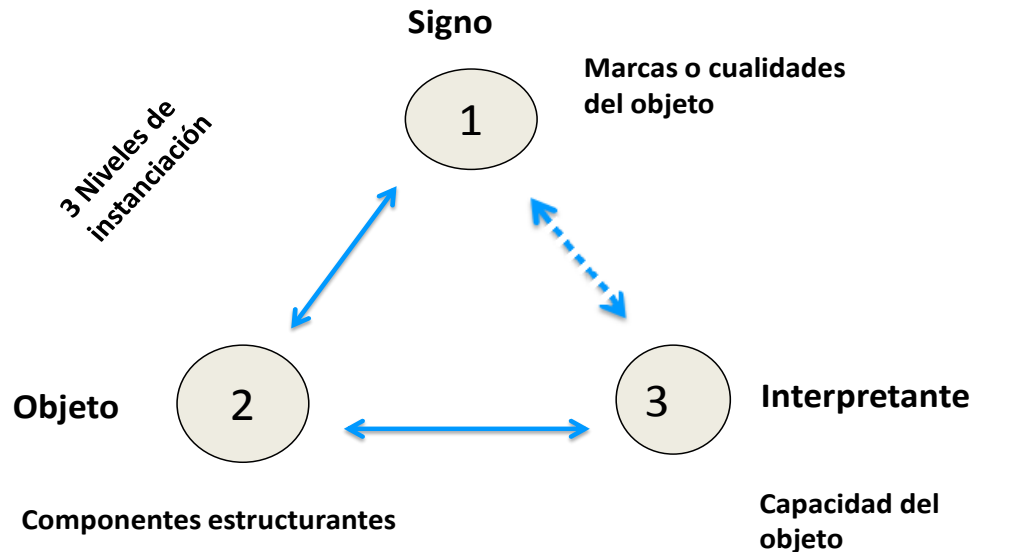
### **Ámbito de las prácticas científicas**

Para mostrar la construcción del concepto de visibilidad científica en el ámbito de la comunicación, se utiliza como analogía o referente general la semiótica de Charles Peirce (1955), que utiliza una configuración trídica compuesta por signos, objetos e interpretantes (Eco, 1986, 2005; Vidales González, 2010), como procedimiento analítico para generar diferentes instancias de construcción de dos conceptos en los contextos de los países de ALyC: (1) género científico y (2) visibilidad científica internacional. Nos interesa mostrar cómo estos conceptos cobran sentido y se encadenan a través de su representación como signos, objetos e interpretantes. Lo anterior durante el desarrollo de las etapas de surgimiento y estabilidad que siguen los procesos de institucionalización de las prácticas científicas modernas en las ciencias físicas en ALyC. Para ello se utilizan dos triadas. Una para interpretar la emergencia (Bunge, 2004) del trabajo científico y otra para explicar la construcción de visibilidad científica. La interpretación se complementa con conceptos referentes a la teoría de conformación del campo científico académico (Bourdieu, 1977, 1984, 2003; Fuentes-Navarro, 1998); conceptos referentes a la intertextualidad referencial de los textos científicos (Porter, 1986; Bazerman, 1988, 1988b, 1993; Durañona, *et al.*, 2006, Haberer, 2007), así como aspectos referentes a la construcción del sentido (Luhmann, 2007; Vélez-Cuarta, 2010; Amozorrutia, 2012).

El punto de partida, en la figura 3, es establecer las relaciones y los procesos que se articulan de manera simultánea en tres instancias distintas: a) un signo portador de significado, que es una convención usada para referirse a un objeto, b) un objeto físico que está representado por el signo, y c) un interpretante, que es una representación del objeto mismo. Esta se refiere a algún aspecto o capacidad desarrollada por el objeto.



## Esquema conceptual del análisis triádico de Peirce\*



Fuente: Desarrollo propio.

Figura 3. Modelo conceptual del análisis triádico de Peirce.

El escrito científico en la física moderna tiene sus antecedentes en el siglo XVII. Para su estudio se utiliza como punto de partida la aparición de las primeras revistas científicas en 1645 y los trabajos de Isaac Newton publicados en la obra “Mathematical Principles of Natural Philosophy”, entre 1684 y 1685. Charles Bazerman (1988a) analiza la evolución del reporte experimental en la física. Para ello utilizó los trabajos identificados como experimentos, publicados en la revista *Philosophical Transactions of the Royal Society*, en un largo periodo de 1665 a 1800. En este periodo emergieron varias de las características de la comunicación científica y de la estructura argumentativa de los trabajos. Sin embargo, los patrones de comunicación científica moderna, aceptados internacionalmente, se consolidaron en torno a las unidades de organización del reporte de resultados de investigación teórica y experimental. Lo anterior ocurrió principalmente durante el periodo 1893-1980, mismo que es considerado por Charles Bazerman (1988a, 1988c, 1988e) como la etapa del surgimiento de la física americana. La primera fecha coincide con el inicio de la revista internacional *Physical Review*, una de las más

influyentes en el área. El conocimiento escrito y difundido como artículos de investigación, está organizado formalmente de acuerdo con una estructura conceptual de sus contenidos. Esta estructura está conformada por una matriz de componentes identificada en la literatura como código IMRD (Bazerman, 1984, 1988; Pontille, 2003; Day, Gastel, 2006), que incluye cuatro componentes: (1) introducción, (2) materiales-métodos, (3) resultados y (4) discusión. En términos generales estos elementos se han adoptado, con el tiempo, como una convención y normatividad internacional utilizada por los comités editoriales y sistemas de arbitraje de las revistas para normalizar y estructurar los contenidos de la publicación científica.

En este trabajo identificamos el núcleo básico de componentes IMRD, como el código o signo de la estructura utilizada como referente de la publicación científica moderna (figura 4). Fue desarrollado y adoptado primeramente en los países con mayor tradición científica. Charles Bazerman (1984, 1988) da cuenta de ello en diferentes estudios sobre el proceso de formación de las características del género científico, en distintas áreas, incluyendo la física (Bazerman, 1988, 1988a, 1988c, 1988e). En los países de ALyC se conoce poco del proceso de conformación de los patrones modernos de comunicación científica en los contextos locales, asociados a la emergencia de campos científicos y comunidades de investigación.

### Análisis triádico 1

En el modelo de la figura 4, entendemos el código IMRD como el signo semiótico que hace referencia a la publicación científica como el objeto de la triada. En este primer orden los componentes del signo IMRD, son considerados como las marcas o cualidades típicas que distinguen un trabajo científico a nivel internacional y que sirven para diferenciar el discurso científico de otros géneros o estilos de escritura. ¿Cómo pasan, los elementos del código IMRD de una categoría de señales o marcas propias de la comunicación científica internacional, a formar parte de los trabajos de investigación generados en los contextos de los países de esta región? ¿Cómo cambian, de

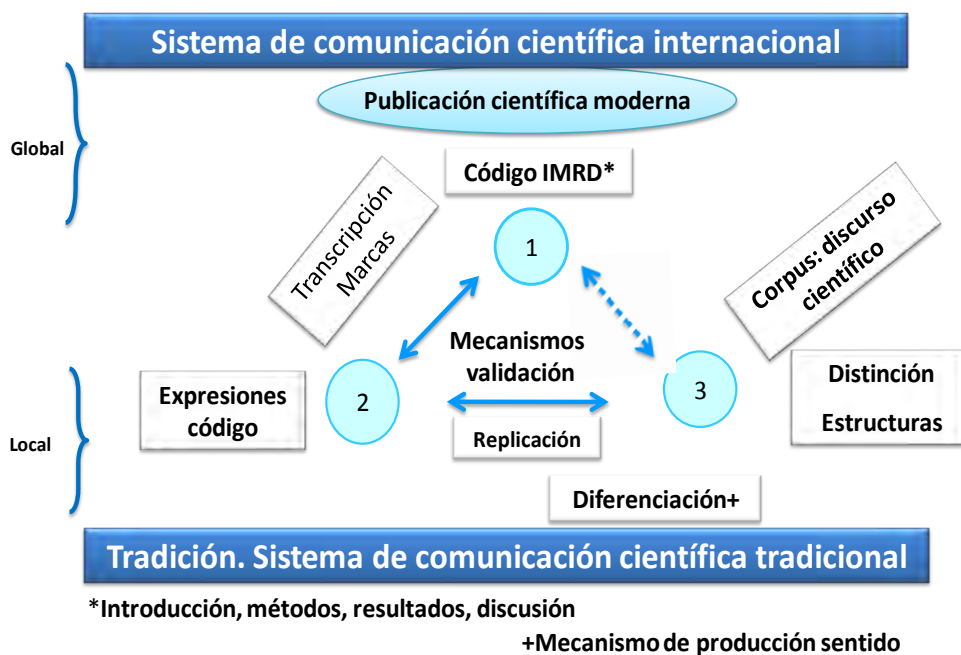
un nivel semiótico a otro, los elementos del código de marcas a conceptos estructurantes de los contenidos reportados en estos trabajos?

El desarrollo de prácticas científicas modernas en física, iniciadas principalmente en distintas décadas de la primera mitad del siglo XX, en Argentina, Brasil, México y Chile; contienen los procesos de surgimiento temprano (Luna Morales, Collazo Reyes, Russell, Pérez Angón, 2007) de las señales o marcas del código de la publicación internacional, como novedades cualitativas emergentes (Bunge, 2004) en el contexto local. Estas marcas aparecieron como expresiones resultantes de un ejercicio de ensayos de transcripción de un estilo de argumentación científica, promotor de una estructura de contenidos orientada a garantizar la posibilidad de verificar y reproducir los resultados de las investigaciones realizadas en instituciones locales. Los primeros investigadores con formación de doctores en física, contratados para desarrollar programas académicos de formación de recursos humanos y líneas de investigación, fueron portadores de estos ejercicios de transcripción y actuaron como los principales promotores de la creación de espacios y condiciones estables para desarrollar prácticas científicas de acuerdo con protocolos de investigación basados en los componentes del código IMRD. Esta fase de transición de las marcas del código como signo a conceptos estructurantes ocurre en periodos largos y se pueden documentar como procesos de evolución del escrito científico, así como de identificación de las primeras expresiones de los componentes del código IMRD, que empiezan a aparecer como unidades discretas de un sistema de significación que se traducen en los componentes que dan origen a las estructuras de un sistema de comunicación científica local claramente emergente.

El segundo nivel de la triada se refiere a la publicación científica como el objeto referido desde la instancia de signo. Cada ejercicio orientado a replicar el código IMRD como estructura del contenido de una publicación del contexto local, recrea la interpretación semiótica (de signos, procesos, relaciones y objetos) que explican la transición o el encadenamiento de un signo a su objeto. Este aspecto es importante para nuestro modelo en el siguiente sentido. Los procesos de transcripción y replicación del código en los escritos científicos

de manera continua, dan cuenta de la existencia de condiciones estables mínimas que incluye instalaciones, programas y recursos capacitados, para reproducir textos científicos conforme a los componentes de la estructura argumentativa adoptada internacionalmente.

### Publicación científica. Esquema conceptual de su emergencia



Fuente: Desarrollo propio.

Figura 4. Modelo conceptual de análisis: emergencia de la publicación científica moderna.

¿Qué le da consistencia y universalidad al código canónico de los escritos científicos? En el caso de las ciencias físicas, los procesos de transcripción y replicación del código cuentan con diferentes mecanismos de revisión, corrección y paneles de aprobación. De manera similar al resto de las ciencias exactas y naturales, están conformados por miembros de las propias comunidades científicas, comités editoriales y sistemas de arbitraje de las revistas científicas. La comunidad física también ha desarrollado un régimen de comunicación electrónica, basado en la consolidación de una tradición de preferencia por los documentos en formato pre-impresos, ahora e-print, como

canal primario de comunicación. Esta modalidad de comunicación también funciona como un índice de citación que otorga visibilidad y opera como mecanismo de revisión informal entre pares; todo esto previo a los procesos de arbitraje de la publicación formal e independiente a las estructuras del sistema editorial comercial de las revista científicas. Las comunidades en física operan a través de dos sistemas de información, disponibles en línea: SPIRES: <http://slac.stanford.edu/spires/>; y SAO/NASA Astrophysics Data System: <http://adswww.harvard.edu/>, y un sistema de archivos electrónicos. <http://arxiv.org/>.

Otro aspecto importante es que las piezas de información que articulan los contenidos del reporte experimental, como producto central de las prácticas científicas, funcionan en este segundo nivel de la triada, como la matriz estructurante de sus contenidos. La presencia de cada uno de los componentes del código IMRD le aporta consistencia a la estructuras cognitivas contenidas en los textos, así como a los aspectos de orden epistemológico. Bajo estas características de eventos emergentes los elementos del código son considerados como novedades cualitativas (Bunge, 2004), y la elaboración de textos científicos se interpretan como una actividad significativa del contexto en que son realizados (Bazerman, 1988). Esta etapa transcurre en un largo proceso de institucionalización de las prácticas científicas modernas, en las condiciones de funcionamiento, generalmente adversas, de las instituciones científicas locales.

En el tercer nivel, el objeto puede desarrollar distintas representaciones denominadas interpretantes. Aquí nos interesa desarrollar la idea de construcción de sentido. Este concepto como un interpretante que desarrolla el objeto cuando encuentra condiciones, en las prácticas locales, para reproducirse y mantener la continuidad en la replicación de los elementos del código IMRD. Las tareas de domiciliar teorías, metodologías y conceptos propios del quehacer científico, desencadenan, en cada una de las prácticas que dan origen a las publicaciones, un proceso caracterizado por un cúmulo de acciones, formación de relaciones y conformación de estructuras de redes de referencias entre temas, autores, revistas e instituciones. Todos estos

componentes, en la medida que se repiten como unidades de información en cada publicación, son elementos de comunicación que se acumulan, crean memoria y conforman estructuras significativas con horizontes latentes que construyen sentido. El sentido, entendido como las acciones recurrentes en la comunicación que se articulan como estructuras de información que conforman sistemas (Luhmann, 1998; 2007). El carácter sistémico de la comunicación general se refiere a los principios organizativos de la información a través de la repetición de las publicaciones como eventos de la comunicación científica.

Esta característica estructural del sentido, resulta relevante para el modelo metodológico propuesto en este trabajo. Niklas Luhmann (1995, 1998, 2007) señala que las estructuras de sentido operan en el paso de una comunicación no estructurada (sentido no especificado) a una estructurada (sentido especificado), dando lugar a un orden emergente que puede ser observado a través de estas mismas estructuras, donde la estructura está definida por la relación entre los elementos y por un sentido seleccionado de un gran número de posibilidades que puede tomar el mismo (Luhmann, 1998, 1998a).

De esta manera, la información por sí sola no es estructural en tanto no se repite y forma sentido (Vélez Cuartas, 2010). La continuidad temática de las publicaciones en las ciencias físicas y la organización de los contenidos conforme al código IMRD, permiten compartir marcos teóricos y sistemas de referencias como espacios promotores de relaciones entre los elementos del código. Estas acciones dan cuenta del proceso de estructuración de los contenidos de la literatura y del lenguaje técnico que incluye métodos, teorías y conceptos que le dan identidad a los campos académicos. Estas características, de evolución del escrito científico, forman parte del proceso de diferenciación entre los campos, la literatura (Coblans, 1975) y las comunidades de investigación en la física (Bazerman, 1988a, 1988c).

La construcción de sentido, asociado al arraigo de estas prácticas, forma parte del desarrollo de un *habitus* (sistema de creencias, acciones, cultura y habilidades), y de la formación de *oficios* científicos (Bourdieu, 1977, 2003), así

como de los procesos de conformación de los campos académicos y las comunidades de investigación.

### **Ámbito de la comunicación científica**

Son escasos los trabajos que han utilizado conceptos del análisis semiótico como apoyo teórico para estudiar el proceso de la citación. H. G. Small (1978) planteó la perspectiva de interpretar los documentos citados como símbolos. Para ello utilizó dos instancias distintas de las citas. En un artículo de investigación, cada número correspondiente a una referencia o nota de pie de página tiene un claro referente en una porción del cuerpo del texto y al mismo tiempo se refiere a un documento que está representado por una referencia bibliográfica. Esta sustitución de la referencia por el objeto físico (documento citado), se considera como el símbolo o el signo del documento ausente. H. G. Small, considera que esta es una aproximación más directa a la práctica de citación en comparación con los intentos de clasificar las citas como calidad, influencia o prestigio.

Blaise Cronin (2000) utilizó el esquema de triadas de Charles Peirce para mostrar el aporte del análisis semiótico al estudio del fenómeno de la citación y para evaluar las fortalezas y debilidades de los modelos teóricos existentes.

En el presente trabajo, como en la mayoría de la literatura sobre el tema, también se utilizan las citas recibidas por la física de ALyC, como indicador de la visibilidad internacional. Pero, de acuerdo con nuestro modelo de análisis, se interpreta la visibilidad científica como un concepto que se construye como parte de las prácticas y actitudes de los científicos que son desarrolladas como aspectos distintivos del *habitus* y el *oficio* desarrollado de manera comunal por los científicos (Bourdieu, 1984, 2003). Se trata específicamente de las prácticas de referenciación, que conforman sistemas de relaciones entre científicos y entre los contenidos de los textos. Cuando este tejido de relaciones es organizado en sistemas de información y utilizado como índices de citación, las referencias actúan como un mecanismo de reconocimiento entre pares, la

frecuencia de repetición de este reconocimiento se interpreta como acumulación de capital simbólico (Cronin, 2000), mismo que se traduce en prestigio para las comunidades de investigación, tanto a nivel internacional como local. Estas prácticas están implícitas en cada una de las etapas del proceso de domiciliación de las prácticas científicas modernas. La visibilidad estará influenciada, en cada etapa, por el estado de institucionalización alcanzado en las prácticas científicas, el nivel de organización y capacidad de producción de conocimientos de las comunidades de investigación. De esta manera la significancia de la visibilidad científica deberá ser interpretada de acuerdo con estas circunstancias.

## Análisis trádico 2

La física en ALyC surgió, durante la primera mitad del siglo XX ligada, principalmente, al carácter teórico de las investigaciones seguido en el ámbito internacional, como una extensión de la filosofía natural y las matemáticas del siglo XIX (Pickstone, 2000), más que con aspectos relacionados con la aplicación de las ingenierías a los problemas y soluciones propios del contexto local. Estas características influyeron en un desarrollo de la física con una fuerte orientación de sus prácticas y líneas de investigación hacia los programas, los paradigmas y los centros de investigación líderes en el ámbito internacional. De la misma manera las prácticas de publicación y referenciación siguieron las características de los patrones de la comunicación científica internacional del área (Coblans, 1975). Así, las primeras señales o signos de visibilidad internacional de la física en ALyC se encuentran en el proceso de adopción de las prácticas modernas de referenciación como parte del quehacer científico en el contexto local. Estas prácticas permiten la instanciación de los trabajos locales como fuentes citantes del trabajo internacional.

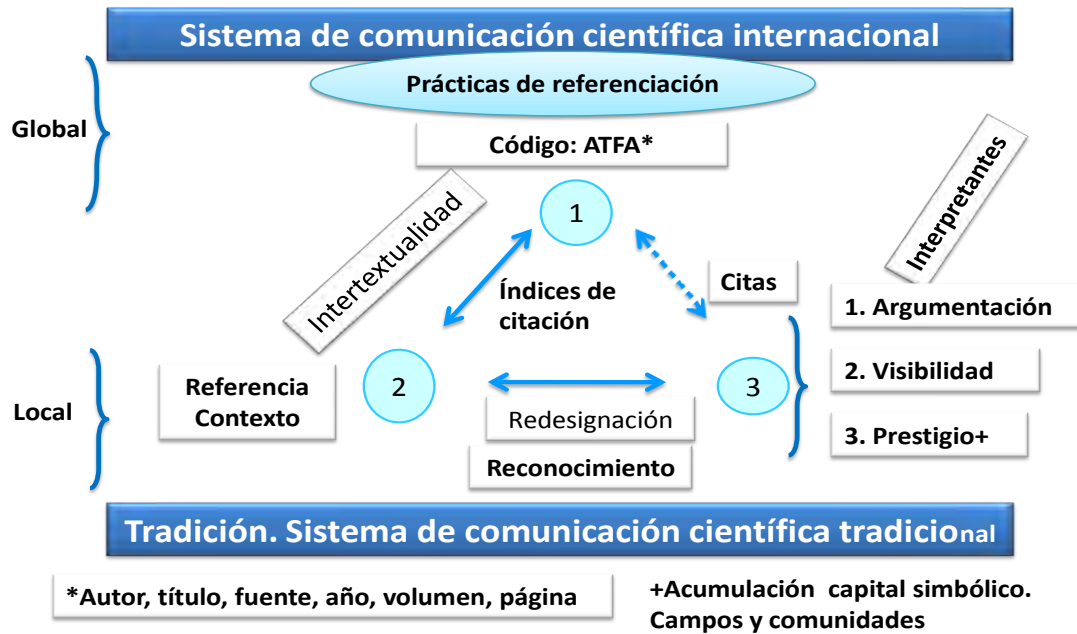
De acuerdo con el modelo de la figura 5, una forma de construir el concepto de visibilidad en la ciencia está en función de tres niveles de instanciación de las citas: (1) como signo. La cita representada por un código que, para propósitos de este trabajo, denominamos código ATFA. Incluye los elementos tradicionales de la referencia bibliográfica (autor, título, fuente de



difusión, año, volumen y páginas), identificado como una estructura de comunicación, utilizada como marcas para identificar las citas. (2) Como referencia contextualizada. Referencias hechas de trabajos locales a externos o en sentido contrario de externos a locales. Es decir, la incorporación del contexto a través de prácticas de referenciación al sistema de intertextualidad referencial de la ciencia internacional, identificado como sistema de comunicación científica, y (3) como citas. Las citas como instanciación de las referencias desarrollan distintos interpretantes relacionados con aspectos de reconocimiento. Entre estos el más utilizado, en el modelo dominante, es el factor de impacto. En términos de la intertextualidad referencial, las citas son un elemento de argumentación que distingue el género científico de otros estilos literarios, y siempre han formado parte de los textos científicos. De acuerdo con la visibilidad científica internacional, las citas se interpretan como la influencia de los trabajos locales sobre los contenidos de otros trabajos acreditados en la literatura de corriente principal. Esta visibilidad internacional, entre los pares, significa también un reconocimiento como fuentes utilizadas en el proceso de acreditación de otros trabajos.

En la primera y segunda instancia, las citas operan a nivel de la intertextualidad referencial, como signos que representan al documento citado como un objeto físico ausente. La referencia es un signo que apunta al texto citado pero es todavía un atributo del texto citante (Cronin, 2000). Las citas existen como un componente de la estructura de los trabajos científicos, como cualidades o marcas de una publicación. Se identifican principalmente a través de las publicaciones que las contienen y están organizadas en los textos como un cuerpo de referencias bibliográficas. Las citas son registros catalográficos con una estructura de datos orientada a informar sobre los autores, los títulos, las fuentes de difusión, los temas y las fechas de publicación de los trabajos, que son utilizados como elementos de persuasión en la elaboración de textos científicos y técnicos.

**Visibilidad científica: esquema de construcción conceptual**



Fuente: Desarrollo propio.

Figura 5. Modelo de construcción teórica de la visibilidad científica internacional.

Las prácticas de referenciación agregan un componente de intertextualidad referencial a los contenidos cognitivos de los textos científicos modernos. Esta característica se refiere a las relaciones entre los textos, mismas que son establecidas a través de referencias bibliográficas (Haberer, 2007; Durañona, *et al.*, 2006), como una característica propia de estilo argumentativo del género científico (Bazerman, 1993).

El nivel tres se refiere a la citación como un proceso de enmascaramiento vía las referencias como signos que sustituyen al documento citado como el objeto real. En este nivel las referencias bibliográficas del texto son redesignadas como citas (Cronin, 2000). Las citas establecen relaciones entre documentos citantes y citados y llevan asociada un carga de influencia del primer documento hacia el segundo. Esta carga se ha traducido en valores o medidas para diferenciar niveles de influencia, interpretados en el modelo dominante como indicadores de impacto. En este sentido, para el análisis de la

física en ALyC, en el nivel tres, nos referimos a un concepto amplio de la visibilidad en la ciencia, aquella que está conformada por las diversas modalidades de influencia, incluyendo las surgidas de contradicciones, correcciones y comparaciones, entre los contenidos de los textos, así como las consideradas como auto-citas.

En términos semióticos del tercer nivel de la triada, la continuidad en la obtención de citas construye visibilidad científica, a través de un proceso de construcción de sentido en la ciencia (Luhmann, 1998; Vélez-Cuartas, 2010; Amozorrutia, 2012). La visibilidad científica es entonces un interpretante que desarrolla el objeto citado (como un símbolo de reconocimiento al contexto del que surge), cada vez que forma parte de la intertextualidad referencial de los trabajos clasificados en la literatura de corriente principal. Esta concepción de visibilidad es el aspecto más objetivado de los índices de capital simbólico dentro del mundo científico académico moderno (Cronin, 2000). De acuerdo con la teoría de conformación de las comunidades científico académicas (Bourdieu, 2003), la acumulación de este capital simbólico se traduce en un mecanismo de conformación de las estructuras de comunicación y la construcción de prestigio para las comunidades de investigación. Esta visibilidad internacional le permite ganar autonomía a las comunidades científicas con respecto a otras en el ámbito local.

En este modelo, la visibilidad científica internacional (como interpretante desarrollado por las citas), vuelve visible, científicamente, la geografía y los lugares sedes de las prácticas científicas y el prestigio se objetiva en capital simbólico, en primer lugar, en los campos y las comunidades de investigación.

## **Capítulo 2 Marco de referencia.**

### **Emergencia de las prácticas científicas modernas en física en América Latina y el Caribe.**

#### **Antecedentes 1900-1960**

##### Elementos para una periodización

En este segundo capítulo revisamos un periodo donde se concentran los antecedentes y el proceso de emergencia de las ciencias físicas modernas en ALyC: 1900-1960. Para ello estudiamos la literatura científica publicada durante este periodo, en revistas internacionales, que incluyen la participación de por lo menos un autor adscrito en alguna institución con sede en países de ALyC.

Un método para abordar este largo periodo es a través de un criterio de periodización historiográfica de acuerdo con la emergencia de distintos modos de producir conocimientos y de transformaciones conceptuales de la disciplina (Gringas, 2010). La literatura en el campo identifica, en este periodo, un proceso de transición de la pequeña (*Little Science*) a la gran ciencia (*Big Science*) (Price, 1961, 1963). Se han utilizado tradicionalmente dos referentes internacionales ocurridos en 1945: (a) la finalización de la Segunda Guerra Mundial y, (b) la publicación del documento "Science. The Endless Frontier" (Bush, 1945); como puntos de partida de un proceso de búsqueda de formas de organización colectivas más productivas en la ciencia, a través del desarrollo y la aplicación de políticas científicas. Este movimiento dio lugar a la creación de la National Science Foundation (NSF) en USA.

#### **Referentes internacionales de la física**

El uso de la ciencia antes y después de la guerra.

El periodo anterior a 1945 está identificado también como una etapa de transformaciones conceptuales que dieron lugar a la clasificación académica actual de las áreas clásicas de la física (Gringas, 2010), donde predominó la investigación de las instituciones alemanas (Cahan, 1989). El periodo posterior

a este año se refiere a la física y la política científica de la posguerra, el cambio geográfico de los centros de excelencia, y a los modos de organización y producción de la gran ciencia. (Hounshell, 1997; Gringas, 2010, 2010a). Después de la Segunda Guerra Mundial, la ciencia y la tecnología llegaron a ser las fuerzas motoras de la sociedad y los vehículos del crecimiento económico y del desarrollo (Moed, Glanzel, Schmoch, 2004).

Se considera que los procesos de transición de la pequeña a la gran ciencia y la preocupación por dotar de políticas el desarrollo a la ciencia, gestados en los países de mayor tradición científica, también repercutieron en las formas de organización y producción de la ciencia de ALyC. Para ello, dividimos el periodo en dos etapas históricas: (I) 1900-1944, se refiere al modo de producción individual de conocimientos, anterior a la Segunda Guerra Mundial y dominado por los centros de investigación alemana. Aquí lo utilizamos para mostrar los antecedentes de las prácticas científicas modernas en ALyC, y (II) 1945-1960. Se refiere a la física de la posguerra, el inicio de la política científica, el cambio geográfico de los centros de excelencia, así como en los modos de organización y producción de la gran ciencia. Aquí lo utilizamos para mostrar los primeros casos de continuidad en la producción de conocimientos, que se considera como la primera etapa de la emergencia de las prácticas científicas modernas en ALyC.

El movimiento de la gran ciencia se inició en los países con mayor tradición científica y con el tiempo se extendió a otros países, entre ellos los de ALyC. Este proceso de expansión se encuentra poco documentado, los índices que cubren este periodo histórico presentan limitaciones en la cobertura y problemas técnicos de recuperación de la información por países e instituciones de adscripción (Luna-Morales, Collazo Reyes, Russell, Pérez Angón, 2009; Collazo-Reyes, Luna-Morales y Vélez Cuartas, 2010; Collazo-Reyes, Luna-Morales, Russell, Pérez Angón, 2011), y por lo mismo no existen, hasta la fecha, indicadores histórico bibliométricos de los países de la región en este periodo. Es decir, que esta escasa presencia, de la producción científica de los países de la región latinoamericana, en los índices internacionales es

mayor aún tratándose de periodos históricos (Collazo-Reyes, Luna-Morales, Russell, Pérez Angón, 2011).

### **Antecedentes de la física moderna**

Para el aspecto historiográfico se utilizaron distintos antecedentes históricos. La formación de los primeros institutos y centros de investigación en física, identificados en las universidades de Argentina, Brasil y México, son un ejemplo del proceso de formación temprana de centros de investigación científica en la periferia. Se distinguen estas entidades como componentes de una primera matriz geográfica de espacios para el desarrollo de prácticas científicas, así como para la creación y transmisión de conocimientos en y desde la periferia (Cueto, 1997; López-Beltrán, 1997; Hodara, 2007). Históricamente estos espacios fueron concebidos y retroalimentados desde los centros de excelencia internacional, con sede en los países considerados como centrales en la ciencia, pero fueron materializados en las condiciones adversas de la periferia; para actuar, con el tiempo, como focos de excelencia científica, desarrollar capacidades para producir conocimientos relevantes, difundir normas y paradigmas de investigación en los propios contextos, en forma institucionalizada y sostenible (Vessuri, 1986; Hodara, 2007).

En términos generales, en la primera mitad del siglo XX, el conocimiento científico estaba considerado sólo como un saber útil al desarrollo material de cada país. Su principal valor residía en su utilidad a las actividades de la minería, la industria, la agricultura, la medicina y la ingeniería. En las primeras décadas del siglo XX su enseñanza estuvo dirigida a la descripción, comprensión y manejo de los artefactos que cada sector necesitaba (Gutiérrez Gallardo, Gutiérrez Albornoz, 2006).

La física, como una ciencia moderna, tuvo una aparición tardía en América Latina (Silliman, 1974), igual que las demás prácticas científicas. En otras investigaciones orientadas a identificar las rutas que sigue el desarrollo de la física moderna en la periferia (Pyenson, Singh, 1984; Reichenbach,

2009), se ubica al Instituto de Física de la Universidad Nacional de La Plata (creado en Argentina en 1906) y los trabajos de investigación científica del físico alemán Richard Gans (realizados en la década de los años 20), como uno de los primeros casos, en América Latina, de centros de investigación que lograron reunir las capacidades mínimas necesarias para generar, desde la periferia, conocimientos y prácticas de publicación juzgados de acuerdo con los contenidos y patrones de la comunicación científica internacional.

#### Factores internos y externos

La influencia científica externa siguió distintas vías. Una tiene que ver con el reclutamiento de personal formado y entrenado en el extranjero. En los temas de astronomía y astrofísica existe una influencia importante de instituciones de Norteamérica. En Argentina a través de la contratación de un investigador del Lick Observatory de la Universidad de California, y en Perú a través de la construcción del Observatorio Magnético del Departamento de Magnetismo Terrestre del Instituto Carnegie de Washington, localizado cerca de Huancayo (Gish, Rooney, 1930).

En los temas de física teórica, la influencia se dio a través de la contratación de investigadores formados en instituciones académicas extranjeras. En Argentina la producción de conocimientos en física moderna se inició con una fuerte influencia de las prácticas científicas, los paradigmas y los temas preferidos de la ciencia física desarrollada en los centros de excelencia de Alemania. Principalmente a través de Richard Gans quien participó en actividades relacionadas con la enseñanza de la física, producción de artículos científicos y la formación de recursos humanos. Durante su estancia en el Instituto de Física se formaron los primeros doctores en el área: Ramón G. Loyarte, Teófilo Héctor Isnardi, y Ramón Enrique Gaviola, principalmente. Se publicaron resultados en temas de física cuántica, escritos en alemán y publicados en dos revistas alemanas: *Annalen der Physik* y *Zeitschrift für Physik*, en la década de los años 20 (Pyenson, Singh, 1984; Reichenbach, 2009).

En Brasil la física predominante, hasta los años 50, era casi exclusivamente teórica, con preferencia por los temas de física nuclear, partículas elementales y radiación cósmica. Esta tendencia tenía que ver con intereses de tipo militar. Entre los primeros investigadores extranjeros atraídos se encuentra Bernhard Gross, contratado para el Instituto Tecnológico de Río de Janeiro, donde fue responsable de la cátedra de física (Salmeron, 2002). Desarrolló el tema de radiación cósmica: 1934-1939, que también formó parte de las investigaciones realizadas en el mismo periodo en México con Alfredo Baños y en Argentina con un trabajo de Ernesto Sábato, en su estancia en el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Bernhard Gross también publicó en revistas locales, en 1934 apareció un primer trabajo en *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*.

En 1933 Gleb Wataghin, investigador en teoría de campos, reclutado por Teodoro Ramos, trabajó sobre rayos cósmicos en la línea de la vía láctea. No estableció relación con otro investigador (Bernard Gross) que trabajó en Brasil en la misma línea, porque este último seguía la línea de investigación fenomenológica (Bustamante y Videira, 1991). Gleb Wataghin nació en Rusia y vivió y estudió en Italia. Trabajaba para la Universidad de Turín cuando fue invitado a Brasil a iniciar un centro de investigación en física (Salmeron, 2002). Desarrolló una labor importante como formador de recursos humanos. El camino que siguió fue el de enviar estudiantes a formarse en centros importantes de eminentes investigadores ganadores del Premio Nobel. Marcello Damy de Souza Santos, físico experimental se formó con William Bragg (Universidad de Cambridge). Construyó un acelerador de electrones de tipo betatrón e inició la física experimental con aceleradores y la física nuclear en Brasil. También fundó el Instituto de Investigaciones en Energía Nuclear. Paulus Aulus Pompéia, un físico experimental que se formó con Arthur Compton (Universidad de Chicago), participó en la conformación del Instituto Tecnológico de Aeronáutica, en San José dos Campos, una de las más importantes escuelas de ingeniería del país. Mario Schenberg, físico teórico trabajó con el grupo de Enrico Fermi (Universidad de Roma). Sonia Ashauer, física teórica que se formó con Paul Dirac (Universidad de Cambridge). Walter Schutzer que trabajó con Eugene Wigner (Universidad de Princeton) y Jayme



Tiomno que trabajó con Eugene Wigner y John Wheeler, entre otros estudiantes (Salmeron, 2002).

En México la formación de recursos, la adquisición de instrumental científico y la producción de conocimientos en física moderna, se iniciaron en el tema de rayos cósmicos. Un tema desarrollado bajo la influencia de los paradigmas científicos de la ciencia física desarrollada en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), uno de los principales centros de investigación en USA (Domínguez Martínez, 2000).

En México los antecedentes modernos de la física están asociados a la creación del Instituto de Física y la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1938, el Observatorio Astronómico Nacional de Tonantzintla en 1942, así como a la incorporación, a estas instituciones, de los primeros investigadores con formación de doctores en física: Alfredo Baños, Carlos Graef y Manuel Sandoval Vallarta, entre otros. Las primeras publicaciones científicas corresponden a cuatro trabajos sobre radiación cósmica de Alfredo Baños, director del Instituto de Física de la UNAM, publicados entre 1939 y 1941 en las revistas *Physical Review* y *Review of Modern Physics* (Collazo-Reyes y Herrera Corral, 2008).

En Chile, al igual que en la mayoría de los países, predominó el carácter profesional de la enseñanza, al de la investigación científica. En 1928, la Universidad de Chile contrató al físico francés Paul Langevin, que promovió la discusión académica en temas de física como miembro honorario de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. En 1930, se creó el Instituto de Ciencias de Chile, destinado a favorecer y coordinar la investigación y estudios científicos, más allá de los aspectos profesionales. Se impulsó el programa de becas para perfeccionar estudios en el extranjero y la contratación de doctores alemanes para la enseñanza científica en la Universidad de Chile. Entre ellos el físico matemático Karl Grandjot de la Universidad de Gottingen (Martens Cook, 1981; Gutiérrez Gallardo, Gutiérrez Albornoz, 2006).

En 1931 se creó el Estatuto Orgánico de la Universidad de Chile, que incorporó formalmente la investigación científica a través de los institutos de investigación siempre inhibidos por el desarrollo de acontecimientos político-sociales. Los primeros grupos de investigación, se formaron a finales de los años 40 y a principios de los años 50 aparecieron las dos primeras publicaciones chilenas de carácter internacional en física experimental.

## **Influencia de la gran ciencia 1945-1960**

### **Emergencia de las ciencias físicas**

Los procesos de emergencia de las prácticas científicas modernas en las ciencias físicas, en los países de ALyC, tienen lugar en las décadas intermedias del siglo XX. Es la evolución de una actividad de individuos aislados, generalmente trabajando en diferentes direcciones a una actividad reconocida profesionalmente, con una comunidad escasa con dificultades para interactuar, compartir trabajos y definir formas de organización en la disciplina (Leta, Glanzel, Thijs, 2006a; Gutiérrez Gallardo, Gutiérrez Albornoz, 2006). Estas características forman parte del fenómeno de expansión de la gran ciencia (Price, 1961, 1963), de los procesos de arraigo de la ciencia a los contextos locales. Acompañada de distintas circunstancias que no le permitieron crecer en forma continua y sostenida, con particularidades distintas en cada país de la región (Sagasti, Pavez, 1989), que identificamos a través de tres aspectos distintos.

### **Desarrollo de infraestructura, instalaciones y equipo**

A finales de la primera mitad del siglo XX se incrementó el interés por la creación de instituciones de investigación, articular la investigación científica y establecer vínculos personales entre investigadores en la región.

La Universidad de La Plata fue el mayor centro de estudios de física en la Argentina en la primera mitad del siglo XX. Al inicio de los años 50 se crearon los institutos de física en las universidades de Buenos Aires y de Córdoba. Al mismo tiempo se crearon los centros de investigación de la Comisión Nacional de Energía Atómica en Bariloche y el Constituyentes en

Buenos Aires (Brinkman, *et al.*, 2002). Estas instituciones conformaron la matriz organizacional de instituciones de la investigación en ciencia físicas en Argentina.

En el periodo de 1940-1961 se crearon en México las principales instituciones con programas académicos y de investigación en el área de las ciencias físicas. En la UNAM se crearon, además de los institutos de Física y Matemáticas, la Facultad de Ciencias y el Instituto de Geología y Geofísica. En el Instituto Politécnico Nacional (IPN), se creó la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas. Por su parte el Gobierno Mexicano construyó el observatorio de Tonantzintla, en 1942 y en 1955 creó la Comisión Nacional de Energía Nuclear (Bartolucci, 1991; Domínguez Martínez, 2000, Collazo Reyes, Herrera Corral, 2008). Estas mismas instituciones ampliaron sus programas a otras instituciones del sector de educación superior en el país, principalmente a universidades estatales.

En Brasil, al cuadro de instituciones conformadas por la Universidad de Sao Paulo (USP), la Universidad del Distrito Federal (UDF) y el Instituto Tecnológico, ambos en Río de Janeiro, así como el Observatorio Astronómico Nacional y la Escuela Politécnica, se sumó el Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), creado en 1951 por Cesar Lattes y Leite Lopes J; así como el Laboratorio de Emulsión Nuclear en colaboración con el Chacaltaya Laboratory en Bolivia. También se creó la Universidad de Brasilia y la Universidad Estadual de Campiñas (UNICAMP), a principios de los años 60. Esta última inició por medio de su Instituto de Física una relación productiva con la empresa Brasileira de Telecomunicaciones (Telebras), a través de un programa de cooperación duradera y fructífera, que se amplió a empresas productoras de equipo y de insumos. De esta manera se estableció, de manera temprana, un caso de triple interacción entre la universidad, Telebras y empresas productoras (De Negraes Brisolla, Conejo Guedes Pinto, 1991; Leite Lopes, 1990).

Otro desarrollo en física del estado sólido lo formaron, en 1949, la Pontificia Universidad Católica (PUC) de Río de Janeiro y la Escuela de

Ingeniería de San Carlos de la USP. Paralelamente, se inició un complejo tecnológico educacional compuesto por distintas entidades como son: el Centro Tecnológico de Aeronáutica (CTA), el Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) y empresas eléctricas (Phillips), con una fuerte influencia norteamericana (De Negraes Brisolla, Conejo Guedes Pinto, 1991).

En 1947, en la Universidad de Chile, se creó el Instituto de Física, el que sin embargo logró publicar investigaciones internacionales solamente hasta mediados de los años cincuenta. El Instituto poseía diversas secciones, entre ellas, física nuclear, cristalografía, conversión termo-iónica de energía solar en energía eléctrica, física teórica y grupos en matemáticas, biofísica, electrónica y talleres de instrumentación. En 1954, en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, se creó el Laboratorio de Física Nuclear, donde se desarrollaron programas académicos y líneas de investigación, con prácticas científicas modernas.

El movimiento más fuerte se realizó en la década de los años 60. Se crearon las Facultades de Ciencias en las universidades, y con ello comenzó la creación de departamentos de física en esos centros de estudio. También por esos años se consolidaron los institutos de investigación y se fundó la Comisión Chilena de Energía Nuclear (1964), paradigma de la aplicación y usos de la física en Chile (Martens Cook, 1981; Gutiérrez Gallardo, Gutiérrez Albornoz, 2006).

En Perú, se creó entre 1946 y 1955 el Instituto Geofísico de Huancayo, orientado a desarrollar líneas de investigación sobre la radiación cósmica. Son de los pocos antecedentes con que se cuenta para el caso de este país.

En Jamaica, la University College of the West Indies (UCWI), fue fundada en Mona en 1948, en una relación especial de apoyo con la University of London. Se creó el primer Departamento de Física, en la Facultad de Ciencias Puras y Aplicadas, con sede en el campus de Mona. Contó con un importante grupo de académicos y practicantes experimentados que

participaron activamente en líneas de investigación industrial. El 90% de los trabajos fueron realizados en forma individual (Department of Physics, 2011).

En Costa Rica, como en la mayoría de los países, el desarrollo la física está ligada a la creación y al proceso de evolución de las universidades nacionales. Tal es el caso de la Universidad de Costa Rica (1940) y su Facultad de Ciencias y Letras, donde junto con el Departamento de Física y Matemáticas, surgieron los programas de investigación y docencia en física en el año 1957 (Minniti Morgan, 2005).

#### Desarrollo de instrumental científico

La creación de laboratorios, su equipamiento y la adquisición de instrumental científico complementario, forman parte de las circunstancias que ayudaron a mantener la continuidad en la publicación de resultados en revistas de corriente principal en las décadas de los años 50 y 60 (Bes, 1969). La continuidad de los trabajos de investigación en el área de la física de partículas estuvo ligada al rendimiento y la vida útil de los aceleradores y demás equipo de investigación, así como al trabajo de planeación y prevención de problemas de mantenimiento, actualización y envejecimiento de estas tecnologías. Así mismo estas tecnologías tuvieron un importante impacto en el sector educativo, dada la gran cantidad de técnicas que se utilizan y habilidades que es necesario desarrollar; tienen un alto valor para los programas de enseñanza y están vinculados principalmente en forma de colaboraciones, relacionando investigadores, laboratorios e instituciones (Bes, 1969).

Las técnicas utilizadas en los distintos laboratorios promovieron las relaciones de colaboración y acuerdos para compartir equipos, como una estrategia orientada a complementar trabajos de investigación que requieren de procesos y técnicas que son proporcionados por más de un laboratorio. La formación de recursos humanos y el desarrollo de grupos de investigación, con estas características de prácticas altamente colaborativas, reforzó la orientación de la colaboración a nivel internacional (Saavedra, 1969).

En Argentina, se asumieron dos posiciones con respecto al equipamiento de los laboratorios. En primer lugar, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), constituyó en 1952 un laboratorio de espectroscopia nuclear y de separación de masas, complementado con la adquisición en 1953 de un acelerador Cockcroft-Watson y un sincro-ciclotrón. Años después la misma CNEA tomó una decisión diferente, que se menciona como una de las claves en la formación de las políticas científicas en Argentina. La decisión de construir, en abril de 1957, su primer reactor nuclear en vez de adquirirlo en el extranjero, como si lo hicieron otros países, entre ellos Brasil (Hurtado de Mendoza, 2007).

En Brasil y México, se adquirieron aceleradores Van de Graff para las universidades de Sao Paulo, Río Grande do Sul, Porto Alegre, Río de Janeiro y la UNAM (Domínguez Martínez, 2000; Cohan, 1969). En Chile, el Instituto Central de Física Experimental y Teórica, fue el primero en adquirir un acelerador de partículas ionizadas del tipo Cockcroft-Walton. Éstos son los diferentes caminos seguidos por los físicos experimentales, en las décadas intermedias del siglo XX, en los procesos de institucionalización de la física nuclear seguidos en la región.

En física atómica y molecular se generaron pocas expectativas. Muchos de los temas de este campo están en el cruce temático de temas químicos y físicos, conocidos como fisicoquímicos. Las investigaciones no prosperaron ni en laboratorios de física ni en los de química. El desarrollo más significativo se dio en Argentina, en el Centro Atómico Bariloche y su División de haces iónicos, y en el Grupo de Resonancia Nuclear del Departamento de Física de la Universidad de Buenos Aires (Mascarenhas, 1969).

### **Formación de recursos humanos**

Debido a la influencia del papel que desempeñaron las ciencias básicas, vinculadas en términos de financiamiento y búsqueda de rendimiento, principalmente en los sectores industrial, militar y en menor medida el educativo, las disciplinas que resultaron más favorecidas fueron la física nuclear, atómica, y de partículas elementales. Estas circunstancias dieron lugar

al surgimiento de los primeros laboratorios con aceleradores en Argentina, Brasil, Chile y México y a un movimiento de entrenamiento de recursos humanos que incluyó relaciones de colaboración institucional, que hicieron posible las estancias de estudiantes en instituciones del extranjero (Sala, 1969).

El desarrollo de las ciencias físicas surgió estrechamente ligado a la formación de recursos humanos en universidades extranjeras. En la mayoría de los países, las prácticas de investigación científica, los programas y las vías seguidas en la formación de recursos humanos especializados en física, fueron introducidos por investigadores extranjeros, contratados por los gobiernos, en las primeras instituciones creadas con propósitos de investigación.

Sin embargo, con el tiempo esta política cambió. En Argentina no se permitió que las instituciones de investigación reclutaran a sus miembros internacionalmente, como lo continuaron haciendo otros países más prósperos. Por política gubernamental, referente a la carencia de recursos financieros, se contrató sólo a sus propios graduados y ante la escasez de programas e instituciones formadoras de recursos especializados, la contratación interna se convirtió en una práctica endogámica poco recomendable (Brinkman, *et al.* 2002). Una consecuencia de esta medida es que se formaron muchos más físicos teóricos que experimentales, debido a que la física experimental es más cara y no hubo fondos suficientes para adquirir el instrumental científico de los físicos experimentales.

Una de las estrategias más exitosas en la formación de recursos fue la seguida en Brasil. Crearon departamentos o entidades orientadas a la investigación científica, contrataron investigadores extranjeros como directores y líderes de investigación, y enviaron estudiantes becados a los principales centros de investigación y universidades del mundo. Esta estrategia les funcionó con el físico Bernhard Gross, pero principalmente con Gleb Wataghin que aprovechando sus relaciones en el medio, tuvo el tino de enviar estudiantes a formarse con los físicos más prestigiados del mundo, en la mayoría de los casos, ganadores del Premio Nobel. A su regreso al país, los

estudiantes con la formación de doctores en física, participaron activamente en proyectos de creación de nuevas entidades de investigación y en el desarrollo de programas de docencia e investigación.

A principios de la segunda mitad del siglo XX, cambiaron los temas de investigación. El tema de los rayos cósmicos dejó de ser el más importante. Se diversificaron las líneas de investigación. Con David Bohm, físico norteamericano, formador de importantes físicos locales (Newton Bernardes, César Lattes, Damy de Souza Santos), se iniciaron programas de investigación en la física del estado sólido en la PUC de Río de Janeiro y en la Escuela Ingeniería de la USP. El descubrimiento del transistor influyó en la selección de nuevas temáticas de investigación en el mundo. En Brasil se desarrollaron temas de física aplicada a través de la creación de un complejo tecnológico educacional compuesto por centros de investigación y empresas, con una fuerte influencia norteamericana, así como proyectos de cooperación duradera, iniciados en la UNICAMP a principios de los años 60, entre instituciones de investigación académica, entidades prestadoras de servicios y las empresas productivas (De Negraes Brisolla, Conejo Guedes Pinto, 1991).

En Jamaica el programa general de enseñanza de la física de posgrado incluía física de la atmósfera, sismología, biofísica y técnicas de la computación.

La introducción de las prácticas de la física moderna en Chile también estuvo a cargo de investigadores extranjeros contratados. El físico italiano Leopoldo Muzzioli creó un grupo de física en la Universidad de Concepción que luego fue pilar en el desarrollo, en 1959, del Instituto Central de Física Experimental y Teórica, el primero en adquirir un acelerador de partículas ionizadas del tipo Cockroft-Walton. La física experimental se desarrolló con la influencia del trabajo desarrollado en la Universidad Técnica Federico Santa María por Arnold Keller, un físico experimental llegado de Alemania al final de la primera mitad del siglo XX. Sin embargo, las primeras publicaciones internacionales aparecieron hasta la década de los años 50.



En la Facultad de Filosofía y Educación se crearon grupos de investigación en física nuclear, radiación cósmica y otro de cristalografía y física molecular. En estos grupos jugaron un rol importante los profesores que se habían enviado a perfeccionar al extranjero y del trabajo realizado en estos grupos surgieron las primeras investigaciones presentes en revistas cubiertas por los índices internacionales (Martens Cook, 1981; Gutiérrez Gallardo, Gutiérrez Albornoz, 2006).

En México, el surgimiento de la física moderna, incluyendo la formación de los recursos humanos, estuvo centralizado en el liderazgo y prestigio internacional de Manuel Sandoval Vallarta. Utilizó como influencia su posición de profesor y como sede el MIT, donde formó los primeros doctores en física: Alfredo Baños y Carlos Graef Fernández (Domínguez Martínez, 2000). A su regreso a México estos investigadores participaron activamente en el desarrollo de programas de formación académica en ciencias físicas (Instituto de Física y Facultad de Ciencias de la UNAM), así como en la formación de grupos de investigación en temas de rayos cósmicos y física matemática, cuyos resultados se publicaron a nivel internacional.

### **Políticas de promoción y financiamiento**

Esencialmente, el desarrollo de la física moderna en ALyC, se inició después de la Segunda Guerra Mundial. Surgió en los países de Argentina, Brasil y México, principalmente, en la segunda mitad del siglo XX. Uno de los aspectos internos importantes fue la creación de las primeras entidades o consejos de promoción de la ciencia y el inicio de los programas de financiamiento para la construcción de espacios e infraestructura, la formación de recursos, desarrollo de bibliotecas y contratación de personal especializado, como infraestructura mínima para la investigación (Leta, Glanzel, Thijs, 2006).

La creación de los consejos de ciencia y tecnología en la mayoría de los países formó parte de los esfuerzos que construyeron las circunstancias propicias para el desarrollo de la ciencia en ALyC. En México, se creó en 1942, la Comisión Impulsora, denominada después Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, que es el antecedente del Consejo

Nacional de Ciencia y Tecnológica (CONACYT), creado en 1970. En Brasil se creó, en 1951, el Consejo Nacional de Pesquisas, que cambió a Consejo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). En 1958, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) en Argentina y, entre 1961 y 1968, los Consejos Nacionales en Ciencia y Tecnología en Uruguay, Chile, Venezuela, Colombia, Perú y Ecuador (Vessuri, 1987).

Otras entidades importantes en la promoción y coordinación de esfuerzos para el desarrollo de la física son las sociedades científicas. Como instituciones civiles han jugado un rol importante. Como instancias sin fines de lucro y con autoridad para negociar y promover el uso de recursos para el desarrollo de proyectos y programas de investigación en física, así como entidades responsables de la organización de distintas modalidades de eventos académicos (congresos, simposios, seminarios, coloquios, escuelas, etc.), que son importantes espacios para comunicar conocimientos novedosos, compartir experiencias, conocimientos y establecer relaciones de colaboración entre científicos. También es común que se encarguen de las tareas de difusión y comunicación de los conocimientos generados en el área, a través del diseño y distribución de boletines informativos entre la comunidad y responsables del establecimiento de procesos editoriales de publicación de revistas científicas y de divulgación en el área. Como son los casos del Boletín y las Revistas Mexicanas de Física, Astronomía y Astrofísica, editadas por la Sociedad Mexicana de Física, entre otras. Entre las sociedades creadas en esta etapa se encuentran las de Argentina, Brasil, Chile y México, que son las que agrupan más socios.

### **Desarrollo de indicadores histórico bibliométricos: 1914-1960**

Los diferentes testimonios históricos sobre la formación de recursos humanos, programas académicos, líneas de investigación, creación de instituciones y laboratorios de investigación; adquisición de instrumental científico; así como la creación de entidades de promoción y financiamiento de

la ciencia; se deben complementar con indicadores histórico bibliométricos de producción e impacto. Esta complementariedad de datos debe dar cuenta del proceso de construcción de condiciones estables necesarias para mantener la continuidad de resultados de investigación publicados en revistas internacionales, generados en contextos locales.

#### Recursos de información histórico-bibliográfica

Se desarrollaron los indicadores histórico bibliométricos para el periodo 1914-1960, mismo que fue dividido en dos etapas, de acuerdo con los referentes históricos de la física internacional. Para el primer periodo, 1900-1944, se utilizó el *WoS*, versión *Century of Science*. En este lapso se identificaron los antecedentes de las prácticas científicas modernas. Para el periodo 1945-1960, se utilizó la cobertura del sistema *SCOPUS*, debido a que el *WoS* no incluye la dirección de adscripción de los autores, en el periodo 1945-1972. Este segundo lapso (1945-1960) se utilizó para mostrar la emergencia de la producción de conocimientos en física en ALyC, a través de la documentación de los primeros casos de continuidad en la publicación de resultados en revistas internacionales.

En ambos sistemas (*WoS* y *SCOPUS*) se realizaron búsquedas generales de información por el nombre de los 42 países de ALyC (listados en el Anexo 3), en el campo correspondiente a la adscripción de los autores. En el caso de México se evitaron los registros de Nuevo México y para Brasil se incluyó también la variante del nombre en inglés *Brazil*. Se recuperó la producción total, las citas correspondientes y, a partir de los totales, calculamos los porcentajes correspondientes a las áreas de física para cada uno de los países. Dado que la búsqueda de información en *WoS*, en el periodo 1961-1972, requiere de un amplio trabajo de investigación referente a las instituciones de adscripción de los autores de cada país, dicho periodo no se incluyó en este trabajo.

#### Metodología y procedimientos

Se identificaron los indicadores bibliométricos básicos de producción e impacto del periodo 1944-1960 y se organizaron de acuerdo con diferentes criterios para su análisis. Primero, se organizaron los datos de los países más productivos, en ambos periodos, en una misma gráfica de series estadísticas anuales. Este arreglo de los datos permitió mostrar, las diferencias cuantitativas entre los países, y los contrastes entre las tendencias de crecimiento en los dos periodos. La continuidad de la producción entre años, del segundo periodo, se utiliza para mostrar los procesos de emergencia de las prácticas científicas en instituciones de la región.

En segundo lugar se desarrollaron dos redes bibliométricas. Una de relaciones de coautoría entre autores (figura 7) y otra de relaciones de colaboración científica institucional (figura 8). Las matrices, las particiones y las clasificaciones que muestran la morfología de las redes fueron desarrolladas con el software Pajek (De Nooy, Mrvar, Batagelj, 2005).

La primera red de la figura 7, identifica, a través de técnicas del análisis de redes sociales, los autores pioneros de las ciencias físicas en la región. Estas técnicas utilizan el tamaño de los nodos (autores) y el número de relaciones (coautorías) acumuladas, como medidas indicativas del prestigio (Delgado-López, *et al.*, 2006; Molina, 2001) o capital académico (Bourdieu, 2003) y de investigación desarrollado por los autores en el campo. De acuerdo con estas medidas, los investigadores pioneros están identificados, generalmente, con los nodos más grandes, como un signo de mayor producción y control sobre el campo. Esta posición de pionero es la forma casi única de acumular prestigio, en una etapa donde la producción de conocimientos de manera individual es la forma más común de publicación.

En la red de la figura 8, los nodos representan las instituciones y las líneas las relaciones de colaboración, identificadas entre las instituciones de adscripción de los autores. Se utilizan las mismas técnicas, para identificar las instituciones locales más productivas y con mayor capacidad para establecer relaciones de colaboración. La información base de esta red no cuenta con información suficiente sobre las instituciones de adscripción y por lo mismo, no

es posible identificar el mapa geográfico internacional de la colaboración y las instituciones extranjeras con mayor influencia en la producción científica local.

También se utilizaron criterios de organización de la información por niveles de producción, presentados en tablas 1, 2, 3 y 4, con clasificaciones jerárquicas de mayor a menor producción, para los siguientes casos: los países de la región, las instituciones sedes de los trabajos, los países editores de los medios de difusión, las revistas científicas, las temáticas y el idioma de publicación.

Estos arreglos de la información permitieron identificar cambios en las posiciones de los países productores entre ambos periodos. Cambios en la preferencia de revistas de difusión y el idioma de publicación, así como en la geografía de producción de conocimientos y publicación de resultados. También permitieron advertir la diversificación de la producción referente a los países productores, las instituciones y las revistas, así como la emergencia de unos temas de interés y la pérdida de interés en otras temáticas de investigación.

#### Primeros indicadores bibliométricos

De acuerdo con los registros del *WoS*, versión *Century of Science*, las primeras publicaciones en ciencias físicas, con adscripción a instituciones de Argentina, fueron realizadas una década antes, con respecto a los trabajos de Richard Gans (Pyenson, Singh, 1984; Reichenbach, 2009). Se trata de una docena de investigaciones realizadas en el periodo 1914-1918, en temas de astronomía y astrofísica llevadas a cabo en instalaciones del Observatorio Nacional Argentino (Córdoba), principalmente y, en menor medida, en el Observatorio Astronómico Nacional (La Plata) y el Observatorio Solar y Magnético (Pilar). Los trabajos están publicados en idioma Inglés y en revistas norteamericanas especializadas en el área: *Astrophysical Journal*; *Journal of the Optical Society of America*; y en revistas de tipo multidisciplinario: *Nature*; *Science* y *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Esta producción desarrollada en condiciones locales adversas, con aparatos y equipos diseñados y contruidos en Córdoba, tiene la característica de estar escrita en forma individual, sin la colaboración de otros autores ni la influencia de otras instituciones. El autor más productivo fue Charles Dillon Perrine, nacido en Ohio, USA. Se formó como investigador trabajando en Lick Observatory en USA de 1893 a 1909. Después fue director del Observatorio Nacional de Argentina, hoy conocido como Observatorio Astronómico de Córdoba, de 1909 hasta 1936.

La tabla 1 incluye, de acuerdo con los registros del WoS, los primeros indicadores bibliométricos regionales de las ciencias físicas, están organizados por país. Se trata de 73 artículos de investigación publicados entre 1914 y 1944, generados principalmente en Argentina, Brasil, y en menor medida en México, Chile y Puerto Rico. Las 73 publicaciones recibieron un total de 460 citas con un promedio de 6.3 citas por trabajo. La producción brasileña concentró el 90% de las citas con un promedio alto de 16 citas por trabajo.

NO.	PAÍS	TOTAL TRABAJOS	TRABAJOS EN FÍSICA	CITAS/FÍSICA	PORMEDIO
1	Argentina	142	40	21	0.5
2	Brasil	236	26	415	16.0
3	México	109	5	3	0.6
4	Chile	134	1	16	16
5	Puerto Rico	22	1	0	0
6	Cuba	114	0	0	0
7	Jamaica	112	0	1	0
8	Otros	135	0	4	0
	<b>Total</b>	<b>1004</b>	<b>73</b>	<b>460</b>	<b>6.3</b>

Fuente: *Web of Science*, 1900-1944.

Tabla 1. Antecedentes de la producción científica moderna en física en ALyC: 1900-1944.

En este periodo las publicaciones en ciencias físicas representaban el 7% de la ciencia general publicada en revistas internacionales por autores de ALyC y el 90%. La producción estaba concentrada en tres países y seis instituciones. El Instituto de Física de la Universidad La Plata, los Observatorios Nacional Argentino (Córdoba), el Astronómico Nacional (La Plata) y el Solar y Magnético (Pilar) en Argentina; el Instituto de Física de la Universidad de Sao Paulo y el Instituto Nacional Tecnológico de Río de Janeiro en Brasil; y el Instituto de Física de la UNAM.

Así la producción científica moderna en física en ALyC, surgió con una matriz organizacional y de producción científica compuesta por seis instituciones: tres entidades de investigación observacional, un instituto de investigación tecnológica y tres institutos académicos de investigación teórica. El 80% de las investigaciones fueron generadas en forma individual y el 20% en colaboración con otros autores, tanto locales como extranjeros. Se desarrollaron investigaciones en temas referentes a física cuántica, física de campos, partículas y rayos cósmicos, principalmente.

#### Colaboración científica

La producción científica del periodo 1914-1944 registra 10 trabajos en colaboración. Se trata de instituciones brasileñas y mexicanas con instituciones extranjeras, todas de USA. Tres con la Universidad George Washington y tres con el MIT, así como una con cada una de las siguientes universidades: Princeton, Chicago, Harvard, Cambridge (USA), y Columbia.

#### Fuentes e idioma de difusión preferidos

En el caso de Argentina, los trabajos de investigación en el área de astronomía-astrofísica se difundieron en revistas norteamericanas y en idioma inglés; la producción en temas de física teórica preferentemente se publicó en revistas e idioma alemán. La producción de Brasil y México está difundida en idioma inglés y principalmente en una revista norteamericana *Physical Review*.

## Física proto-académica

Este desarrollo de las condiciones locales y la convergencia de los distintos componentes de las prácticas científicas en física, están considerados por Juan José Saldaña (1994), como una etapa de conformación de una ciencia proto-académica, en el sentido que reconoce la necesidad de un trabajo científico original, especializado, colectivo, relativamente autónomo y realizado conforme a cánones profesionales, con características de una práctica científica emergente surgida en espacios universitarios, basada en investigaciones de tipo teórico, escritas en colaboración, con resultados sometidos al juicio de sus pares y publicados en las revistas importantes del área.

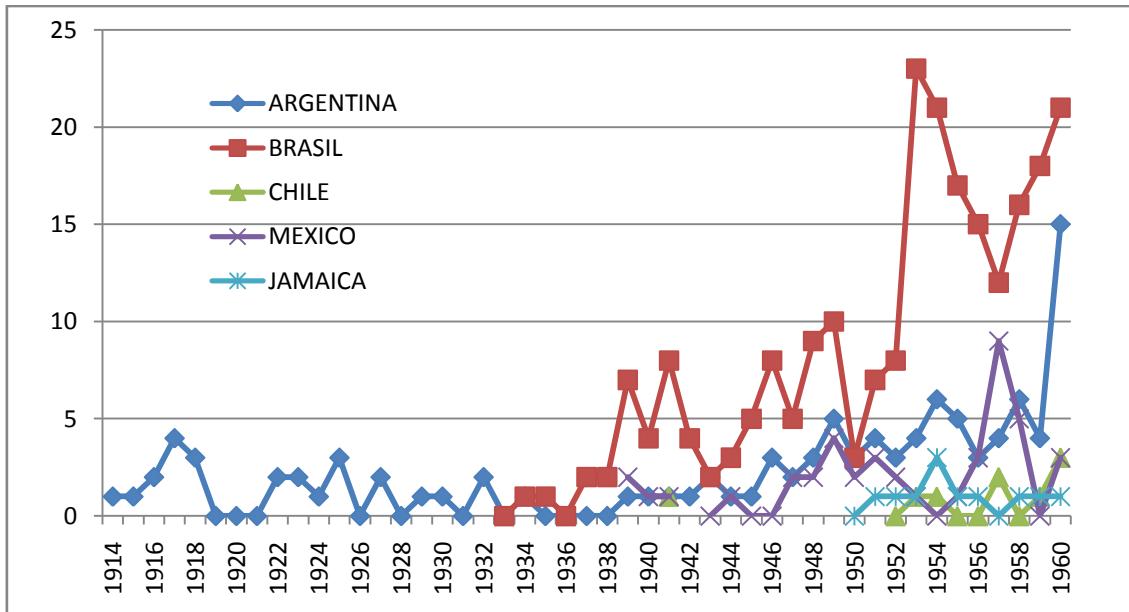
## **Emergencia de las prácticas científicas en física**

### **Indicadores bibliométricos: 1914-1960**

#### Países, autores y temas

De acuerdo con el sistema *SCOPUS*, entre 1914 y 1960 se publicaron 400 trabajos en revistas clasificadas en las categorías de las ciencias físicas, con adscripción a instituciones de países de ALyC. De estos trabajos, 241 (60%) no recibieron citas y 159 (40%) recibieron 3,153 citas, con un promedio general de 7.8 citas incluyendo todos los trabajos. Encontramos publicaciones con adscripción a 12 países. En primer lugar Brasil que produjo las tres quintas partes (58%) de los trabajos y el 90% del total de las citas. Argentina publicó una quinta parte (22%) y recibió apenas un porcentaje del 1.5% de las citas. México produjo el 10% de los trabajos y recibió el 5.7% de las citas. El 10% y 2.6% restante de la producción y las citas, respectivamente, está distribuido en 7 países. Jamaica, Chile, Puerto Rico, Perú, Cuba, Venezuela, principalmente. Con una sola aportación están Trinidad y Tobago, Panamá y Paraguay. Entre los trabajos más citados encontramos uno con más de 1000 citas, seis con más de 100, y 21 con diez o más citas.





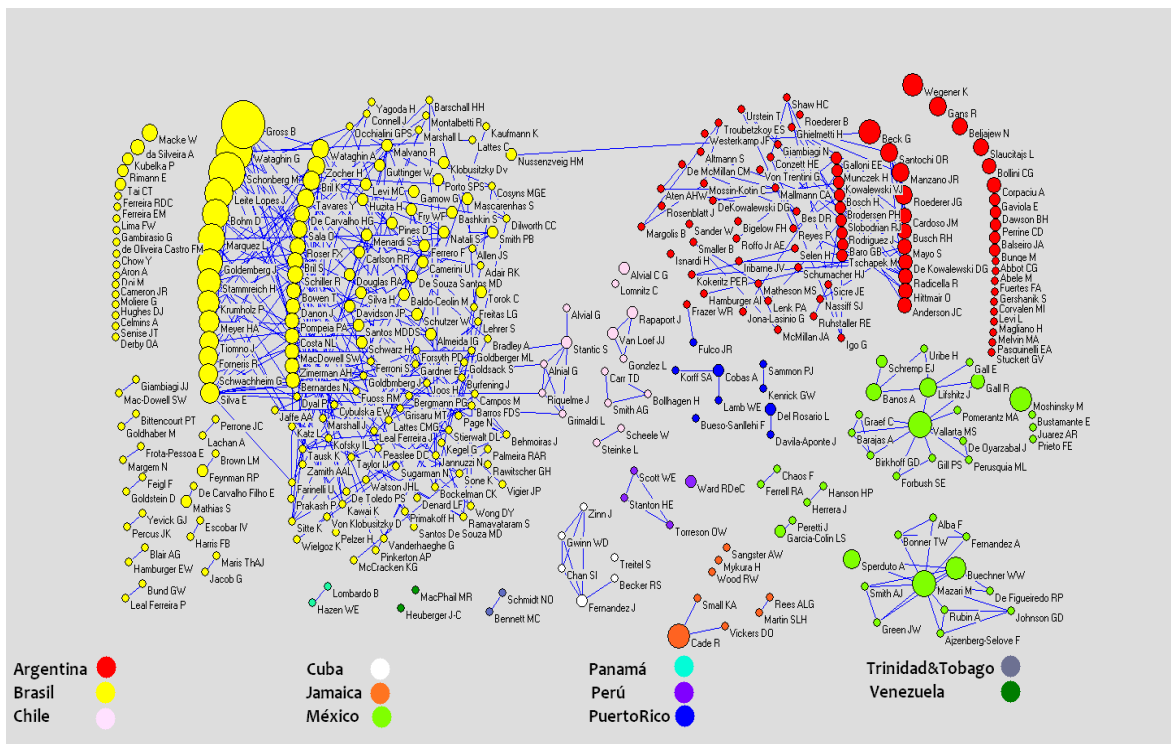
Fuente: Sistema SCOPUS, 1914-1960.

Figura 6. Emergencia de la producción científica moderna en física en ALyC: 1914-1960.

En la figura 6, se presenta la producción científica moderna en física en ALyC, con la información distribuida en series anuales, dividida en los cinco países con mayor número de publicaciones en el periodo 1914-1960. La distribución sirve para mostrar las características de la dinámica de crecimiento de la producción y la periodización utilizada en este trabajo. De acuerdo con las líneas de la gráfica, podemos dividir la producción en dos periodos: el primero corresponde al periodo 1914-1944. Se trata de una etapa sin crecimiento, que hemos identificado como el periodo temprano de surgimiento de la física moderna. Los trabajos corresponden a investigaciones realizadas principalmente en instituciones de Argentina y las primeras contribuciones generados en Brasil y México. Este primer momento está caracterizado por la producción de autoría individual y la falta de la continuidad en la publicación anual de resultados en los tres países. El segundo periodo está relacionado con el proceso de emergencia, ubicado en las décadas intermedias de la primera mitad del siglo XX, y se corresponde con el inicio de una nueva dinámica de crecimiento en los tres países, con una mejor tendencia en el caso de Brasil y Argentina. En México el grupo de investigación que mantuvo la publicación de resultados durante 10 años, en el tema de rayos cósmicos, fue

desintegrado y esto se reflejó en la falta de continuidad de la producción en estos años.

A principios de la década de los años 50 se incorporó la producción de instituciones de Chile y Jamaica, lo que permitió a los países de la región mantener una producción promedio de 25 trabajos por año al inicio de la segunda mitad del siglo XX. A partir de este periodo la producción de conocimientos en física ha mantenido una dinámica constante de crecimiento.



**Fuente: Sistema SCOPUS, 1914-1960.**  
**Los nodos representan los autores, las líneas los trabajos y el volumen de los nodos la producción de los autores. Cada relación entre nodos representa una coautoría.**

Figura 7. Red de relaciones de coautoría en la física latinoamericana: 1914-1960.

### Productividad de autores y relaciones de coautoría

La figura 7, muestra la red de relaciones de colaboración acumuladas entre los autores en la física de ALyC. Los nodos se refieren a los autores y están organizados por un color para cada país de la región. Los investigadores afiliados a instituciones extranjeras aparecen asociados al país del autor con el

que colaboran. La red está orientada a identificar los pioneros de las ciencias físicas en la región de acuerdo con el tamaño de los nodos y el número de relaciones acumuladas. Estas medidas se interpretan, en el análisis de redes sociales, como uno de los mecanismos de acumulación de capital académico en los campos científicos (Bourdieu, 2003), de esta manera, los autores con los nodos más visibles y relacionados, son los poseedores del prestigio en el campo.

Cada país cuenta con una subred independiente, la que corresponde a Brasil incluye los autores más visibles. En este caso los autores más productivos también son los que incluyen más relaciones de coautoría. Se trata de los investigadores pioneros, como son: Gross, B; Wataghin, G; Schomberg, M B; Bohm, D; Krumholz, P; Stammreich, H. También aparecen autores locales formados por estos primeros, como: J. Leite Lopes; J. Goldenberg; L. Marquez; E. Silva; e Y. Tavares, entre otros. Esto autores conformaron sus propios grupos de trabajo y en la mayoría de los casos no se encuentran relacionados directamente entre sí. La forma común de acumular prestigio académico difiere de un país a otro. En Brasil fue claramente a través de la colaboración entre autores con diferentes niveles de prestigio, a diferencia de Jamaica y Argentina, donde resultó mayor la producción individual. Los autores argentinos más productivos como: G. Beck; K. Wegener; R. Gans; N. Beljajew; L. Slaucitajs; A. Corpaciu; y C.G. Bolini, entre otros, construyeron su prestigio con base en el trabajo individual, con publicaciones de un solo autor. Los trabajos realizados en colaboración muestran relaciones entre autores con niveles de prestigio similares.

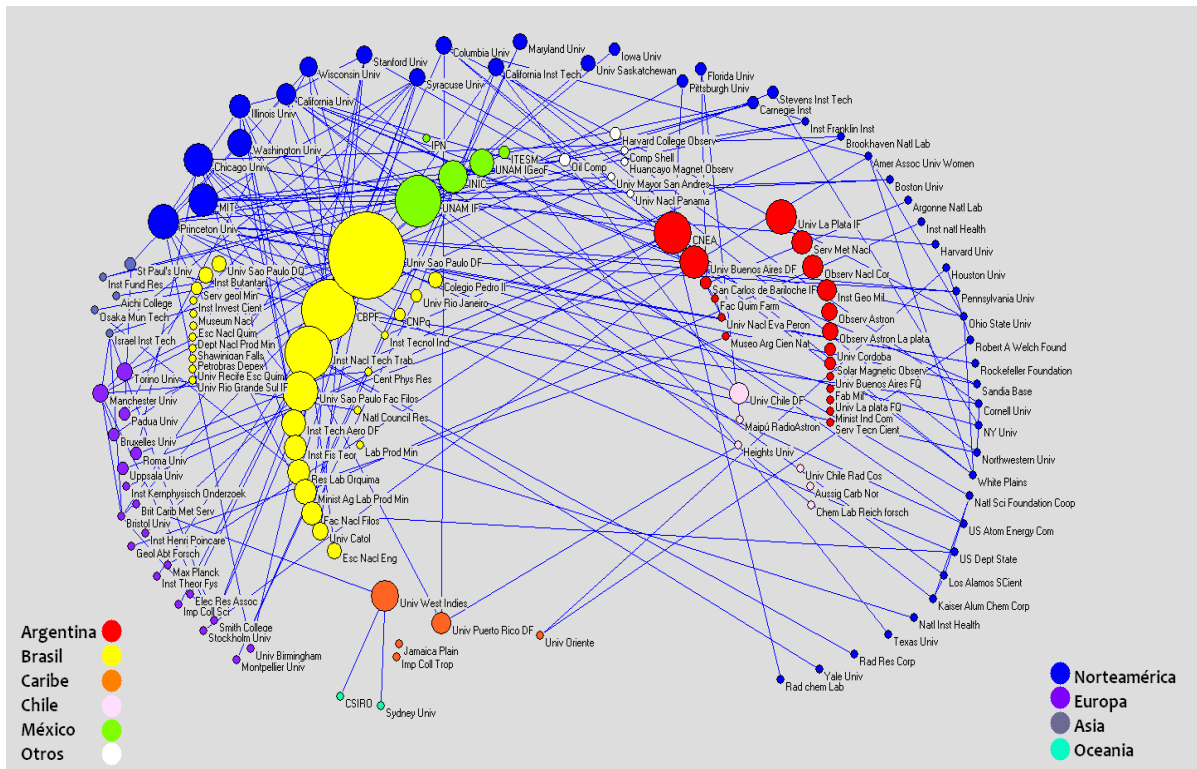
El caso de la subred de México se aprecian distintos patrones de organización de la producción científica. Cada tema presenta características distintas. El tema de los rayos cósmicos se desarrolló en colaboración entre M. S. Vallarta, como el autor principal, Alfredo Baños y Carlos Graef, que fueron sus alumnos, y otros colaboradores como J. Lifshitz, R. Gall. El tema de física matemática y relatividad desarrollado por Marcos Moshinski, que muestra una importante producción realizada como autor aislado sin relaciones de coautoría.

Un tercer caso es el tema de física atómica desarrollado en colaboración entre los autores Marcos Mazari; W. W. Buechner y A. Sperduto, con prestigios similares. Los demás países presentan alguna de estas formas de organización mencionadas.

#### Organización institucional de la producción

En la producción de conocimientos en física, durante el periodo 1914-1960, participaron 167 instituciones y dependencias. De estas, 84 tienen su sede en 13 países de la región Latinoamericana y del Caribe y 83 están ubicadas en 12 países fuera de esta región: 57 en USA, 5 en Inglaterra, 4 en Italia, 3 en Japón, 2 en cada uno de los siguientes países, Alemania, Australia, Canadá, Francia, Holanda y Suecia; y con una institución aparecen Bélgica e India. Con respecto a las instituciones locales, dos quintas partes (41%) tienen su sede en Brasil. Una cuarta parte (25%) en Argentina, el 17 % en Chile y México. El 17% restante se encuentran en los países de Venezuela, Jamaica, Perú, Trinidad y Tobago, Cuba, Paraguay, Puerto Rico, Bolivia y Panamá.

La figura 8 muestra la estructura de colaboración, desarrollada en el periodo 1914-1960, entre instituciones en la producción científica generada en física en los países de ALyC. La red de relaciones incluye los niveles de producción de las instituciones y los países sedes. Las dos terceras partes de los trabajos fueron realizados por investigadores de una sola institución. La tercera parte restante (134) fueron realizados en colaboración con autores de instituciones de países fuera de la región latinoamericana. De estos, en el 10% (36) colaboraron más de tres instituciones y en el 3% cuatro o más instituciones.



Fuente: Sistema SCOPUS, 1914-1960.

Los nodos representan instituciones de filiación de los autores y las líneas relaciones de colaboración entre instituciones.

Figura 8. Red de relaciones de colaboración científica institucional en la física latinoamericana: 1914-1960.

Destaca la producción de las instituciones de Brasil organizadas en tres sectores: las de tipo académico donde aparecen la Universidad de Sao Paulo y sus dependencias; los centros de investigación en física como el CBPF y el Instituto de Física Teórica, así como dos institutos: el Instituto Nacional Tecnológico y el Instituto Tecnológico de Aeronáutica. En Argentina se identificaron instituciones de distintos sectores: centros de investigación científica especializada como el Centro Nacional de Energía Atómica (CNEA); instituciones de investigación observacional como el Observatorio Nacional y el Servicio Meteorológico Nacional; instituciones especializadas en geografía y geodesia como el Instituto Geográfico Militar; y de tipo académico realizada en las universidades de Buenos Aires y La plata. En México la producción está centralizada en el sector académico y de investigación, principalmente en la UNAM y sus dependencias. Chile y Jamaica, presenta un caso similar con la

investigación centralizada en la Universidad de Chile y en University of the West Indies, respectivamente.

Las instituciones más productivas también son las que cuentan con mayor número de relaciones de colaboración. Entre estas se encuentran las universidades y los centros de investigación. El CBPF cuenta con la estructura de colaboración más amplia. Incluye instituciones externas a la región, ubicadas en los países de mayor tradición científica. Colabora con las universidades de California, Chicago, Columbia, Illinois, Princeton, Wisconsin, Stanford, el MIT y el Instituto de Estudios Avanzados, ubicados en USA; con los institutos Nacional de Física Nuclear y la Universidad de Torino en Italia; con la Universidad de Tokyo en Japón; y con centros de investigación de Holanda e Inglaterra.

Otras instituciones fuertemente relacionadas con el exterior son las universidades de Sao Paulo y de México. La primera incluye instituciones de Europa y USA y la segunda solo instituciones norteamericanas.

Llama la atención el caso de aislamiento interno y externo de las instituciones argentinas, principalmente las dedicadas a la investigación en astronomía, meteorología, geografía. Por ejemplo, la Universidad de la Plata, que aparecen sin ligas de colaboración. Pocos casos presentan este patrón. La Universidad de Buenos Aires aparece relacionada con universidades norteamericanas, igual que el CNEA que además colabora con instituciones europeas.

Entre las instituciones extranjeras que más colaboraron con la física latinoamericana se encuentran las norteamericanas: el MIT y las universidades de Princeton, Chicago, California, Illinois, Washington, Wisconsin y Columbia. De Europa están las universidades de Manchester, Libre de Bruxelles, y Uppsala; los Institutos Nacional de Física Nuclear y de la Universidad de Torino, Italia. De Japón se identificó a la Universidad de Tokyo.

Ciudades sedes de la producción

Las ciencias físicas modernas surgieron en ALyC fuertemente influenciadas por las temáticas de investigación, el idioma y las fuentes de publicación preferidas en las instituciones europeas, principalmente alemanas. En las décadas de los años 50 y 60, las vías de la influencia se diversificaron hacia distintos países e instituciones. La publicación de trabajos se diversificó en 22 títulos de revistas y una geografía de publicación que incluye siete países: USA, Italia, Alemania, Francia, Holanda, Inglaterra y Japón. Con una alta concentración del 95% de trabajos en revistas editadas en USA, como lo muestra la tabla 2. Las fuentes alemanas, con un nivel menor de publicación, se mantuvieron vigentes a lo largo de todo periodo. Las revistas italianas fueron importantes en las dos últimas décadas del periodo.

Las primeras citas bibliográficas hechas a la física latinoamericana fueron para trabajos publicados en revistas alemanas, que obtuvieron un promedio de una cita por trabajo, muy parecido al caso de las revistas italianas e inglesas. Los trabajos en revistas francesas, holandesas y japonesas no recibieron citas. Las revistas norteamericanas presentan un patrón de citación distinto: acumularon el 95.5% de las citas, con un promedio general de 11 citas por trabajo, como se ve en la tabla 2.

NO.	PAÍS	TRABAJOS	CITAS	%TRABAJOS	%CITAS	PROMEDIO
1	USA	269	3014	66.92	95.59	11.20
2	ITA	73	85	18.16	2.70	1.16
3	ALE	42	49	10.45	1.55	1.17
4	FRA	7	0	1.74	0.00	0.00
5	ING	4	5	1.00	0.16	1.25
6	HOL	4	0	1.00	0.00	0.00
7	JAP	1	0	0.25	0.00	0.00
	Total	400	3153			

Fuente: Sistema SCOPUS, 1914-1960.

Tabla 2. Geografía internacional de publicación de los trabajos generados en física en ALyC: 1914-1960.

Revistas preferidas

La tabla 3 muestra los títulos de revistas y el número de trabajos publicados en cada una. Entre las revistas más tradicionales, que se mantuvieron vigentes durante todo el periodo se encuentran tres títulos alemanes: *Zeitschrift fur Physik*, *Kolloid-Zeitschrift*, y *Tschermaks Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*; y dos norteamericanas: *Physical Review* y *Science*. Otras revistas como *Nuovo Cimento*, *J Chem Phys*, *J Appl Phys*, *J Phys Chem*, *Geofis Pura Appl* y *Proc Phys Soc*, surgieron como fuentes importantes al final del periodo, en las décadas de los años 50 y 60. El resto de las revistas publicaron trabajos de manera esporádica.

La revista norteamericana *Physical Review*, con 178 publicaciones, se convirtió a lo largo de todo el periodo en la fuente ampliamente preferida para difundir la investigación científica generada en física en los países de ALyC, sobre todo en Brasil y México. Argentina y Chile diversificaron su producción, logrando un equilibrio en la difusión entre revistas alemanas: *Zeitschrift fur Physik* y *Kolloid-Zeitschrift*; italianas: *Geofisica Pura e Applicata*, *Nuovo Cimento*; francesas: *Bulletin Géodésique*; y las norteamericanas *Physical Review*, *Journal of Chemical Physics*, y *Science*.

NO.	REVISTAS	TRABAJOS	CITAS	% TRABAJOS	% CITAS	PROMEDIO	PAÍS
1	Phys Rev	178	2870	44.78	91.02	16.12	USA
2	Nuovo Cim	59	83	14.68	2.63	1.41	ITA
3	Z Phys	23	16	5.72	0.51	0.70	ALE
4	J Chem Phys	22	83	5.47	2.63	3.77	USA
5	J Appl Phys	15	34	3.73	1.08	2.27	USA
6	J Phys Chem	15	17	3.73	0.54	1.13	USA
7	Geofis Pura Appl	14	2	3.48	0.06	0.14	ITA
8	Kolloid-Zeitsch	14	32	3.48	1.01	2.29	ALE
9	Proc Phys Soc	11	1	2.74	0.03	0.09	USA
10	Science	11	0	2.74	0	0.00	USA



11	Bull Geodes	7	0	1.74	0	0.00	FRA
12	Rev Mod Phys	5	4	1.24	0.13	0.80	USA
13	J Chromatogr A	4	0	1	0	0.00	HOL
14	Trans Faraday Soc	4	5	1	0.16	1.25	ING
15	Tsch Min Petrogr Mitteil	4	1	1	0.03	0.25	ALE
16	Phys Rev Lett	3	1	0.75	0.03	0.33	USA
17	Appl Sci Res	3	3	0.75	0.1	1.00	USA
18	J Math Phys	3	0	0.75	0	0.00	USA
19	J Mol Spectroscopy	2	1	0.5	0.03	0.50	USA
20	Phys Fluids	1	0	0.25	0	0.00	USA
21	Rheol Acta	1	0	0.25	0	0.00	ALE
22	J Phys Soc Jap	1	0	0.25	0	0.00	JAP
	Totales	400	3153			7.88	

Fuente: Sistema SCOPUS, 1914-1960.

Tabla 3. Revistas preferidas para publicar en la física latinoamericana: 1914-1960.

La visibilidad internacional de la física latinoamericana, en términos de citas bibliográficas recibidas, se encuentra concentrada en 91% en los trabajos publicados en la revista *Physical Review*, mismos que alcanzaron un promedio alto de 16 citas por trabajo. Incluye los 12 trabajos más citados, entre los que se encuentran las primeras investigaciones en recibir, 10, 100 y 1000 citas.

De acuerdo con la clasificación temática de las revistas, un poco más de la mitad de los trabajos (55%) están clasificadas en temas de física general, el 15% en física de campos y partículas, el 14% en temas de físico-química, el 3% en física aplicada y el 2.5% en geofísica y geoquímica.

NO.	IDIOMA	TRABAJOS	CITAS	%TRABAJOS	%CITAS	PROMEDIO
1	Inglés	334	3101	83.5	98.35	9.28
2	Alemán	51	51	12.75	1.62	1.00
3	Francés	9	0	2.25	0.00	0.00
4	Italiano	4	1	1	0.03	0.25
5	Español	2	0	0.5	0.00	0.00
		400	3153			

Fuente: Sistema SCOPUS, 1914-1960

Tabla 4. Idiomas de publicación en la física latinoamericana: 1914-1960.

#### Idiomas de publicación

Las investigaciones en física que lograron trascender el sistema de publicación de las revistas locales, en los países de ALyC, están escritos principalmente en idiomas distintos al español. La revista francesa *Bulletin Géodésique*, fue la única que publicó dos trabajos en idioma español. La producción y el impacto medido en citas se encuentran altamente concentrados en 83.5% y 98%, respectivamente en trabajos escritos en idioma inglés. La producción en las revistas de USA y Alemania, está escrita en idiomas Inglés y alemán, respectivamente; no así en el caso de las italianas y francesa, donde se publicaron trabajos en inglés, alemán y en el idioma local de las revistas.

## **Capítulo 3. Metodología de estudio.**

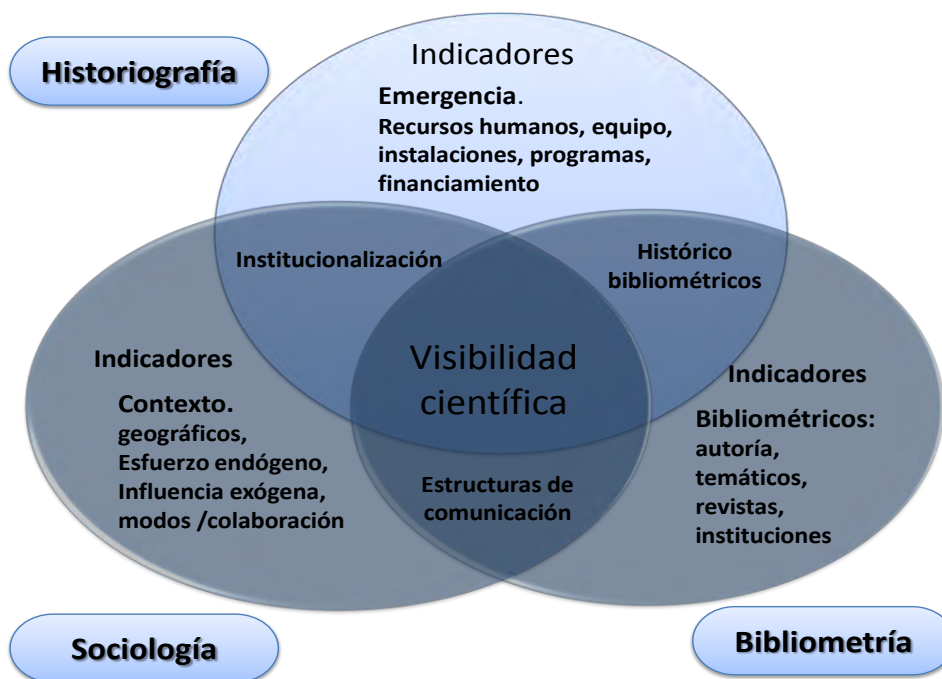
### **Modelo metodológico multidisciplinario de estudio**

#### **Descripción del modelo**

La metodología general seguida para la obtención de los resultados de este estudio, se encuentra en la representación del modelo metodológico multidisciplinario de la figura 9. Esta propuesta complementa junto con el modelo teórico conceptual, representado en las figuras 1-5 del capítulo 1, la estructura general de razonamiento, utilizado como herramienta de aproximación al proceso de construcción de la visibilidad científica internacional de las ciencias físicas de ALyC, en el periodo 1973-2005.

El modelo utiliza un enfoque multidisciplinario, apoyado en recursos de tipo heurístico, empírico, así como distintas categorías de análisis, indicadores históricos, de contextualización y bibliométricos; aspectos que pueden ser utilizados en programas de investigación, como metodología de análisis, para estudiar los casos de otras disciplinas de las ciencias exactas, naturales o biomédicas en ALyC.

El modelo incluye, además de indicadores de los antecedentes históricos bibliométricos, resultados de la evolución de la producción e impacto científico durante un largo periodo que abarca recursos de información de periodos correspondientes a las décadas de los años 70, 80, 90 y 2000. Esta forma de documentar la visibilidad científica incrementa la confianza en los resultados y ofrece distintas ventajas al compararlos con indicadores desarrollados periódicamente con base en el modelo internacional dominante.



Fuente: Desarrollo propio.

Figura 9. Modelo metodológico multidisciplinario de análisis de la física de ALyC.

## Materiales y fuentes de información

### Indicadores histórico bibliométricos: 1914-1960

#### Recursos de información historiográfica

Los aspectos historiográficos del modelo metodológico están documentados en el capítulo 2. A través de una revisión histórico-bibliográfica, en fuentes para la historia de la física en ALyC, se identificaron los esfuerzos realizados en diferentes aspectos: (I) formación de recursos humanos; (II) creación de instituciones y laboratorios de investigación; (III) formación de programas y estudios de posgrado; (IV) adquisición y desarrollo de instrumental científico; y (V) creación de entidades de promoción y financiamiento de la investigación científica. Estos recursos se utilizan para documentar el proceso de construcción de las condiciones de estabilidad que hicieron posible mantener la continuidad en la obtención de resultados de investigación y su publicación en revistas internacionales.

Los aspectos históricos se complementaron con indicadores histórico-bibliométricos de producción e impacto, desarrollados de acuerdo con los referentes históricos de la física internacional, en dos etapas: (a) de 1900 a 1944, en este lapso se identifican los antecedentes de las prácticas científicas modernas, y (b), de 1945 a 1960, para mostrar el proceso de emergencia de estas prácticas. Estos indicadores se encuentran reportados en las tablas 1, 2, 3 y 4, y en las figuras 6, 7 y 8, del capítulo 2. Contienen la información referente a las instituciones sedes de los trabajos, identificada como la primera matriz organizacional e institucional de producción científica en física moderna en la región. Otros datos, presentados en forma de redes bibliométricas, muestran las primeras relaciones de coautoría y colaboración que incluye los nombres de los autores y las instituciones participantes en la producción, así como las temáticas, las revistas y los idiomas de publicación preferidos, completan el cuadro de estos primeros indicadores.

### **Indicadores del periodo: 1973-2005**

#### Institucionalización de las ciencias físicas

De acuerdo con la metodología bibliométrica utilizada, la visibilidad científica de los trabajos se utiliza como medida de relevancia de acuerdo con los siguientes criterios. Primero se identificó el 10% de la producción más citada del total de trabajos SCI de cada país en el periodo 1973-2005. Con esta información base, se seleccionaron las publicaciones correspondientes a las categorías de las ciencias físicas. Se obtuvieron promedios de citas por trabajo distintos para cada país; con estos indicadores se conformó un grupo amplio de promedios, que va de 20 a 99 citas por trabajo, y un promedio general de 36 citas por trabajo. Con este criterio se logró, por un lado, una misma medida proporcional y representativa de la producción total de cada país y, por otro lado, un indicador sensible a los diferentes niveles de citación de los países de la región, lo que permitió una importante representación de instituciones y países de la región.

Para el periodo 1973-2005 se utilizaron distintas herramientas de información: el *Web of Science*, el *Journal Citation Reports* (2005), un sistema

de clasificación especializado: Physics and Astronomy Classification Scheme (PACS), y el Catálogo Iberoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física (Sociedad Mexicana de Física, 2000-2001).

Producción total de los países de ALyC, 1973-2005

Se utilizó como estrategia general de búsqueda los nombres de los 42 países de ALyC, listados en el Anexo 3. Se recuperó la producción total de cada país y se agregó a la base de datos con la producción general. Se obtuvo un total de 532,832 trabajos, incluyendo todas las áreas del conocimiento, sin duplicados. En la tabla 5 se listan los 19 países más productivos, con 5 o más trabajos en las áreas de física. Juntos suman una producción de 526,915 publicaciones, en el periodo 1973-2005. Los 23 países restantes del área, publicaron 5,967 trabajos, la gran mayoría en categorías temáticas distintas a la física y por esta razón no aparecen en la lista. Entre estos se encuentran: Antigua y Barbados, Aruba, Bahamas, Belice, Dominica, El Salvador, Grenada, Guadalupe, Guyana, Guyana Francesa, Haití, Islas Vírgenes, Islas Caimán, Islas Turcas-Caicos, Martinica, Nicaragua, Paraguay, República Dominicana, San Bartolomé, San Cristóbal, San Vicente, Santa Lucía, y Surinam.

NO.	PAÍS	10% TRABAJOS MÁS CITADOS	TOTAL TRABAJOS DE FÍSICA	10% MÁS CITADOS EN FÍSICA
1	BRASIL	20210.5	32852	5746
2	ARGENTINA	9157.1	13785	2331
3	MEXICO	8929.1	17570	2572
4	CHILE	4740.1	7731	1896
5	VENEZUELA	2478.3	3159	543
6	JAMAICA	1118.2	265	26
7	PUERTO RICO	1076.1	1218	236
8	CUBA	1013.7	1088	178
9	COLOMBIA	854.8	1388	136
10	URUGUAY	572.1	556	62
11	PERU	568.7	402	76
12	COSTA RICA	553.5	182	30

13	PANAMA	430.9	176	13
14	TRIN & TOBAGO	252.1	167	32
15	GUATEMALA	205.1	25	4
16	ECUADOR	204.1	226	38
17	BOLIVIA	173.9	145	27
18	BARBADOS	97.3	166	5
19	HONDURAS	55.9	8	5
		52691.5	81109	13956

Fuente: Web of Science, 1973-2005.

Tabla 5. Producción científica latinoamericana general y en física por países: 1973-2005 y el 10% de los trabajos más citados.

La tabla 5, ofrece información sobre dos referentes generales que dieron lugar al 10% de los trabajos más citados, para cada país: (1) la producción total general, y (2) el total de trabajos correspondientes a las categorías de física. La última columna incluye el 10% de los trabajos más citados en física. Del total de trabajos correspondiente a los 19 países de la tabla 5, encontramos que el 15% corresponden a las áreas temáticas relacionadas con las ciencias físicas. Esto significa que cerca de la sexta parte de la producción científica latinoamericana corresponde a estas ciencias. Los 13,956 trabajos correspondientes al 10% de los más citados representan el 17% del total de los trabajos en física.

En términos generales Brasil aporta las dos quintas parte de la producción general y la más citada. Argentina, Chile y México aporta juntos un poco más de las dos quintas partes, y el resto de los países producen un poco menos del 20% restante. Brasil y México producen proporcionalmente el mayor número de trabajos en las ciencias físicas en Latinoamérica. El 10% de los trabajos más citados en Chile resultó, proporcionalmente, la cantidad más alta con respecto a la relación con su total general en física.

Los 13,956 trabajos se encuentran clasificados de acuerdo con los esquemas de clasificación del *Journal Citation Reports*, en 22 categorías distintas, mismas que aparecen listadas en la tabla 6.

NÚMERO	CATEGORÍAS (JOURNAL CITATION REPORTS)
1	Acústica
2	Astronomía y astrofísica
3	Biofísica
4	Química física
5	Geología
6	Geociencias, general
7	Instrumentos e Instrumentación
8	Ciencia de materiales
9	Mecánica
10	Meteorología y ciencias de la atmósfera
11	Ciencia nuclear y tecnología
12	Óptica
13	Física general
14	Física aplicada
15	Física atómica y molecular
16	Física de materia condensada
17	Física de fluidos y plasma
18	Física matemática
19	Física nuclear
20	Física de campos y partículas
21	Radiología, medicina nuclear
22	Termodinámica

Fuente: *Journal Citation Reports*, 2005.

Tabla 6. Categorías temáticas relacionadas con la física en ALyC: 1973-2005.

También se identificaron las citas hechas a la producción científica de América Latina. En la tabla 7 se muestran las correspondientes a los trabajos clasificados en las categorías de la física. Están organizadas por países, divididas en cuatro columnas, dos para los trabajos y las citas hechas a los trabajos clasificados en física y dos para el 10% de los más citados. Esta información nos permite comparar los porcentajes de citas recibidas por los dos



tipos de trabajos para cada país. Argentina, Brasil, Chile y México son los países que más citas aportan en términos absolutos.

NO .	PAÍS	TRABAJOS EN FÍSICA	CITAS TOTALES	10% TRABAJOS MÁS CITADOS	CITAS 10% TRABAJOS
1	Argentina	13785	109839	2331	81879
2	Barbados	166	701	5	126
3	Bolivia	145	1313	27	1158
4	Brasil	32852	255278	5746	186286
5	Chile	7731	115694	1896	92267
6	Colombia	1388	10392	136	5537
7	Costa Rica	182	1609	30	1351
8	Cuba	1088	4450	178	3569
9	Ecuador	226	1884	38	1392
10	Guatemala	25	28	4	25
11	Honduras	8	453	5	496
12	Jamaica	265	1838	26	1075
13	México	17570	136038	2572	95311
14	Panamá	176	1266	13	1111
15	Perú	402	4792	76	3789
16	Puerto Rico	1218	14297	236	11658
17	Trin & Tobago	167	787	32	775
18	Uruguay	556	3853	62	2317
19	Venezuela	3159	25875	543	21699
	<b>TOTALES</b>	<b>81109</b>	<b>690387</b>	<b>13956</b>	<b>511821</b>

Fuente: Web of Sciences, 1973-2005.

Tabla 7. Citas hechas a la ciencia latinoamericana en general y en física: 1973-2005.

## Organización de la información

### Desarrollo de la base de datos

Con la información referente a los 13,956 trabajos y las 511,821 citas referentes al 10% de los trabajos más citados, se creó una base de datos conformada por tablas relacionales de autores, títulos, revistas, países, categorías, instituciones de adscripción, idioma, tipo de documento y otra información asociada con los datos de estas tablas, así como un campo referente a los tipos de colaboración. Los registros identificados como duplicados dentro de un mismo país fueron eliminados. Estos repertorios de datos fueron utilizados como la fuente de información base para realizar los procedimientos restantes de la metodología.

### Criterios de selección y organización de la información

Los trabajos de normalización de la información permitieron dotar de una estructura de datos a la información contenida en el campo de dirección de las instituciones. Una estructura compuesta de cinco subcampos: (1) nombre principal de la institución, (2) dependencia, (3) ciudad, (4) entidad federativa, y (5) país. El trabajo consistió, por un lado, en identificar y corregir las variantes en los nombres de las instituciones, las dependencias y sus direcciones. Por otro lado, en crear un catálogo bibliográfico de autoridad con nombres de instituciones, dependencias, ciudades, estados y países normalizados. Esta información se organizó como un módulo de la base de datos y se denominó *tabla de Instituciones*. A partir de este arreglo, se puede consultar la información por cualquiera de los subcampos, así como identificar las estructuras institucionales y las distribuciones geográficas, nacionales y regionales, de la producción científica y su impacto. Para el trabajo de normalización de los datos sobre las instituciones nos apoyamos en el Catálogo Iberoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física, tanto en la versión impresa como en línea (Sociedad Mexicana de Física, 2000).

En el caso de los autores, se realizó un trabajo de desagregación de sus nombres. Se identificaron y corrigieron las variantes encontradas y se creó un

catálogo bibliográfico de autoridad con los nombres normalizados, identificado como *tabla de autores*. Las consultas a través de este archivo permitieron desarrollar los indicadores de autoría (Gorbea Portal, 2004, 2005). En el caso de los trabajos de multi-autoría solamente se consideraron los primeros 240 autores en cada caso.

## Estructuras y categorías de análisis

### Indicador General de Producción (IGP)

Los contenidos de la base de datos se complementaron con nuevos campos de información, utilizados como criterios de clasificación y categorías de análisis de los datos. En primer lugar, se definió un indicador general de producción. De acuerdo con el logaritmo de base 10, como un factor para determinar una escala que nos permite clasificar los países, las instituciones y las categorías. Para ello consideramos los niveles de producción correspondiente a cada caso. Se definieron cuatro grupos distintos de producción como se muestra en la tabla 8. Las entidades con un número de trabajos menor a 10 les corresponde un indicador de producción igual a 1, las que tienen entre 10 y 99 trabajos un indicador 2, las que cuentan entre 100 y 999 trabajos un indicador 3, y las que tienen más de 1000 publicaciones un indicador 4.

LOGARITMO BASE 10	RANGOS DE TRABAJOS UTILIZADOS	INDICADOR DE PRODUCCIÓN
$\log_{10} 10 = 1$	Entre 1 y 9 trabajos	1
$\log_{10} 100 = 2$	Entre 10 y 99 trabajos	2
$\log_{10} 1000 = 3$	Entre 100 y 999 trabajos	3
$\log_{10} 10000 = 4$	Más del 1000 trabajos	4

Fuente: Desarrollo propio.

Tabla 8. Definición del indicador general de producción (IGP).

Esta clasificación funciona como una estructura de análisis que permitió organizar los resultados de acuerdo con capacidades similares desarrolladas

por los países y las instituciones de la región, para producir conocimientos en las ciencias estudiadas.

## **Contextualización de los resultados**

### Indicador General de Contextualización (IGC)

Los aspectos sociológicos tienen que ver con la utilización de diferentes elementos de apoyo a la contextualización de la producción analizada (Polanco, 1986; Hodara, 2007; Gerard y Grediaga Kuri, 2009). Se utilizaron diferentes categorías de análisis. Para el periodo 1900-1960 se incluyó la información histórica referente a la formación de recursos humanos, adquisición de instrumental científico y creación de instituciones de investigación, complementada con información bibliométrica contenida en los campos de autores, revistas e instituciones de adscripción de los registros bibliográficos recuperados.

### Aspectos endógenos y exógenos

Para propósitos de contextualización de los indicadores bibliométricos, utilizamos un indicador general de contextualización (IGC) de la producción de conocimientos. Este clasifica los trabajos en dos categorías de acuerdo con las circunstancias de realización: (1) *locales-endógenos*, y (2) *locales-exógenos*. Los primeros son realizados sin la influencia de la coautoría externa y los identificamos como los productos de investigación con mayor influencia del contexto local. De acuerdo con el modelo de análisis conceptual de las figuras 1-4, la producción de estos trabajos significa el desarrollo, en las comunidades científica locales, de capacidades para replicar en contextos locales el código IMRD de la publicación científica internacional. Los segundos cuentan con influencias externas, recibidas durante los procesos de colaboración con autores e instituciones con sede en países de mayor tradición científica y fuera de la región latinoamericana.

Para cada una de las dos categorías, se desarrolló una clasificación de modalidades de colaboración científica institucional, de acuerdo con los siguientes criterios. Se tomó en cuenta la procedencia geográfica de la colaboración, de acuerdo con la ubicación geográfica de los países, dividida en diferentes niveles: (1) local, (2) regional, y (3) continental. A su vez, el nivel local incluye dos tipos: (1.1) local-local, (1.2) local-nacional (ver tabla 9).

Número	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN	ABREV
<b>1</b>	<b>LOCAL ENDOGENA</b>		
1.1	Local-local	Trabajos realizados por investigadores de una sola institución en países de la región	IN
1.2	Local – nacional o Interinstitucional	Publicaciones realizadas en colaboración por investigadores de dos o más instituciones de un mismo país de la región	NL

Fuente: Desarrollo propio.

Tabla 9. Indicador General de Contextualización. Modalidades de colaboración local-endógena.

En el nivel regional se distinguen dos modos: (2.1) local-regional-endógena y (2.2) local-regional-exógena (ver tabla 10).

Número	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN	ABREV
<b>2</b>	<b>REGIONAL</b>		
2.1	Local- regional-endógena	Colaboraciones entre investigadores de instituciones de dos o más países de ALyC	LA
2.2	Local- regional-exógena	Publicaciones con participación de investigadores de instituciones de países de la región con Norte América	NA

Fuente: Desarrollo propio.

Tabla 10. Indicador General de Contextualización. Modalidades de colaboración regional.

El tercer nivel incluye la colaboración con países de los distintos continentes: (3.1) Europa, (3.2) Asia, (3.3) Oceanía, (3.4) África, y una para los casos con más de dos continentes, (4) multi-continental (ver tabla 11).

Número	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN	ABREV
<b>3</b>	<b>Continental</b>		
<b>3.1</b>	<b>Europa</b>	<b>Colaboraciones con investigadores de instituciones de países europeos</b>	<b>EU</b>
<b>3.2</b>	<b>Asia</b>	<b>Colaboraciones con investigadores de instituciones del continente asiático</b>	<b>AS</b>
<b>3.3</b>	<b>Oceanía</b>	<b>Colaboraciones con investigadores de instituciones de Oceanía</b>	<b>OC</b>
<b>3.4</b>	<b>África</b>	<b>Colaboraciones con investigadores de instituciones del continente africano</b>	<b>AF</b>
<b>4</b>	<b>Multi-continental</b>		
<b>4.1</b>	<b>Multi-continental</b>	<b>Colaboraciones entre investigadores de instituciones de países de ALyC y combinaciones de de investigadores de más de dos continentes.</b>	<b>MU</b>

Fuente: Desarrollo propio.

Tabla 11. Indicador General de Contextualización. Modalidades de colaboración continental y multi-continental.

En todos los casos existe por lo menos una institución de ALyC. Las colaboraciones que cuentan por lo menos con una institución de un país distinto a la región latinoamericana, se clasificaron, según el caso, como trabajos con influencia exógena.

Esta metodología evita alguna ponderación entre los aspectos internos y externos, bajo la idea errónea de que lo más importante es sólo lo categorizado como endógeno, en la medida que está realizado por connacionales. Una política científica diseñada en puros términos regionales o nacionalistas no es lo mejor (Hollander y Soete, 2010).

## **Presentación de los resultados**

Los resultados se presentaron en cuatro estructuras de información distintas.

(I) En forma de tablas, con información organizada como indicadores (de autoría y productividad), clasificaciones (ranking) y listados por niveles de producción y preferencias. Países, instituciones, dependencias, categorías temáticas y colaboración científica.

(II) En gráficas con la información organizada en forma de series estadísticas anuales, con información sobre la producción por países. Incluye la revisión del crecimiento de la producción de acuerdo con ajustes de producción con líneas de tendencia exponencial, lineal y polinómica, con base en valores absolutos. También se incluyen gráficas con dinámicas de tendencias de crecimiento con base en valores relativos, así como gráficas de pastel para comparar los porcentajes correspondiente a los trabajos y las citas por tipo de colaboración y con respecto al total.

(III) Se incluyen resultados presentados en forma de redes bibliométricas, con información organizada en forma de nodos y relaciones, para mostrar las estructuras de relaciones de coautoría entre autores y de colaboración científica institucional.

(IV) Un mapa de las regiones de ALyC, con la distribución geográfica de las ciudades y las instituciones donde se realiza investigación relevante en ciencias físicas.

## Capítulo 4. Resultados. Ciencias físicas en ALyC, 1973-2005.

### Aspectos generales

Encontramos un total de 13,956 trabajos que recibieron 511,821 citas, con un promedio general de 36.7 citas por trabajo y que están considerados como investigaciones relevantes. En estos trabajos participaron 28,544 autores distintos, adscritos a 3,275 instituciones de las cuales, 597 tienen sede en 22 países de ALyC y 2,837 en 72 países dispersos en los cinco continentes. Esta producción se encuentra publicada en 481 títulos de revistas científicas editadas en países ubicados en diferentes regiones del mundo. La mayoría (93%) de los trabajos se encuentran clasificados como artículos originales de investigación y el 7% restante como notas, revisiones o estados del arte y comunicaciones científicas cortas. El 99.9 % de los trabajos están escritos en idioma inglés, 11 en francés, 2 en alemán y ninguno en español

### Indicadores bibliométricos

#### Autoría

La tabla 12 presenta los indicadores de coautoría o tasas de trabajos coautorados de las ciencias físicas en ALyC. El 2.5% de los trabajos se realizaron en la modalidad de autoría individual y la mayoría, un poco más de las tres cuartas partes (78%) de la producción, está escrita en colaboraciones de 2 a 5 autores. Otro 10% de los trabajos están publicados por grupos más numerosos que van de 6 a 10 investigadores. Las multiautorías, formadas por grupos de 11 a 99 autores produjeron el 6% y las colaboraciones multi-institucionales o proyectos de gran ciencia (Big Science), de las área de física de partículas elementales y astrofísica, principalmente, formadas por cientos de autores generaron cerca de 500 publicaciones, mismas que corresponden al 4% restante de la producción. Estos datos arrojan dos *Índices de coautoría* (Gorbea Portal, 2004, 2005): (1) de 15.7 autores firmantes por trabajo, considerando el total de los autores, y (2) de 4.8 excluyendo los trabajos firmados por 100 o más autores. Un poco más de la mitad de los autores



14,927 (52%) aparecen solamente una vez. El 38% aparecen en un intervalo de 2 a 10 publicaciones y el 10% restante forman la elite de los autores más productivos, con 11 o más publicaciones.

<b>Número de autores por trabajo</b>						
<b>GPO</b>	<b>No. AUTORES</b>	<b>TRABAJOS</b>	<b>% TRABAJOS</b>	<b>CITAS</b>	<b>% CITAS</b>	<b>FACTOR CITAS</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>362</b>	<b>2.6</b>	<b>14028</b>	<b>2.7</b>	<b>38.7</b>
<b>2</b>	<b>2-5</b>	<b>10930</b>	<b>78.7</b>	<b>386350</b>	<b>75.3</b>	<b>35.3</b>
<b>3</b>	<b>6-9</b>	<b>1398</b>	<b>10.0</b>	<b>51659</b>	<b>10.0</b>	<b>36.9</b>
<b>4</b>	<b>10-14</b>	<b>342</b>	<b>2.4</b>	<b>14440</b>	<b>2.8</b>	<b>42.2</b>
<b>5</b>	<b>15-19</b>	<b>100</b>	<b>0.72</b>	<b>5427</b>	<b>1.0</b>	<b>54.2</b>
<b>6</b>	<b>20-24</b>	<b>250</b>	<b>1.8</b>	<b>13240</b>	<b>2.5</b>	<b>52.9</b>
<b>7</b>	<b>25-49</b>	<b>88</b>	<b>0.63</b>	<b>3996</b>	<b>0.77</b>	<b>45.4</b>
<b>8</b>	<b>100 o más</b>	<b>502</b>	<b>3.61</b>	<b>23320</b>	<b>4.55</b>	<b>46.4</b>

Tabla 12. Índices de coautoría de la física en ALyC: 1973-2005.

Bajo las modalidades de colaboración científica (tabla 12) y con diferentes niveles de participación en la producción, los 28,544 autores conforman una estructura de comunicación con un tejido de 219,791 relaciones de coautoría.

### **Factor de citación**

Promedio General de Citación (PGC).

Los trabajos analizados recibieron 511,821 citas bibliográficas, con un Promedio General de Citas (PGC) de 36.7 por trabajo, que para efectos de este trabajo se denomina como *factor de citación* (Gorbea Portal, Suárez-Balseiro, 2007) de la ciencia más citada en las disciplinas de la física, generada en los países de ALyC.

De acuerdo con la información de la tabla 12, la comunidad de físicos mantiene vigente la producción de trabajos desarrollados individualmente con promedio de citas superior al PGC. Es una proporción modesta que influye poco en la conformación de los patrones generales de producción y citación del área, que están determinados principalmente por los porcentajes de producción y las citas recibidas por los trabajos desarrollados en colaboración por los grupos de 2 a 9 autores. Las publicaciones con los promedios de citas más altos, escritas por grupos mayores a 10 autores, representan apenas el 9% de la producción.

### **Categorías temáticas**

La tabla 13 presenta la producción, las citas y los promedios generales, organizados por categorías temáticas, de las que se incluye el nombre y la abreviatura. Están divididas, de acuerdo al PGC, en tres niveles de producción: (1) con 1000 ó más trabajos; (2) entre 100 y 999, y (3) entre 10 y 99 publicaciones. El grupo 1 incluye las cinco áreas de investigación más consolidadas en términos de producción e impacto, donde destacan las áreas de AA y FG, con impactos por arriba del PGC. Pero principalmente el área de AA, con el mayor número trabajos, citas y el segundo mayor promedio de citas por trabajo, que tanto en trabajos como en citas representan la cuarta parte del total.

Las otras especialidades de física que han encontrado mayor desarrollo en la región son: FQ, FMC y FAM, que aportan conjuntamente la cuarta parte del total de trabajos y citas, con promedios ligeramente por abajo del general. En el caso del área de FPC, influye en la producción y principalmente en el impacto, el hecho de que muchos trabajos de tipo experimental más citados, realizados en grandes colaboraciones multi-institucionales y multi-continetales como *ATHENA*, *DO*, *F1*, *SELEX*, *E791*, *FOCUS*, *STAR*, se encuentran publicados en la revista *Physical Review Letters*, clasificada en la categoría de FG.

No.	CATEGORIAS	ABREV	TRAB	%	CITAS	%	FACTOR CITAS
<b>GRUPO 1</b>							
1	Astronomía-astrofísica	AA	3264	23.4	146938	28.7	45.0
2	Física general	FG	1866	13.4	78112	15.2	41.9
3	Física-química	FQ	1507	10.8	48817	9.5	32.4
4	Física-materia condensada	FMC	1344	9.6	42994	8.4	32.0
5	Física-atómica-molecular-química	FAM	1152	8.2	39099	7.6	33.9
<b>GRUPO 2</b>							
1	Ciencia de materiales	CM	791	5.7	22815	4.5	28.8
2	Física-partículas y campos	FPC	692	5.0	23371	4.6	33.8
3	Física nuclear	FN	538	3.9	17095	3.3	31.8
4	Geociencias general	GG	504	3.6	18036	3.5	35.8
5	Geofísica-geoquímica	GFQ	483	3.5	15808	3.1	32.7
6	Física aplicada	FAP	478	3.4	14343	2.8	30.0
7	Física matemática	FM	383	2.7	12662	2.5	33.1
8	Meteorología-ciencias-atmosféricas	MCA	251	1.8	10891	2.1	43.4
9	Física-fluidos-plasma	FFP	250	1.8	7044	1.4	28.2
10	Óptica	OPT	182	1.3	4638	0.9	25.5
11	Física-geografía	FG	156	1.1	5002	1.0	32.1
<b>GRUPO 3</b>							
1	Biofísica	BIO	75	0.5	3043	0.6	40.6
2	Mecánica	MEC	35	0.3	848	0.2	24.2
3	Acústica	ACU	15	0.1	743	0.1	49.5

Fuentes: *Web of Science, 1973-2005 y Journal Citation Reports, 2005.*

Tabla 13. Producción y citas de la física latinoamericana por categorías temáticas: 1973-2005.

El segundo grupo está conformado por 11 categorías con un nivel intermedio de productividad, que incluye áreas tradicionales de la física como son: FPC, FN, FAP, FM y FFP. También se encuentran otras áreas que son consideradas como parte de las ciencias físicas. Tal es el caso de CM, GFQ, GG, MCA, OPT y FG. Con excepción de la categoría MCA que tiene uno de los promedios de citas más altos, la mayoría de las categorías presentan promedios inferiores al promedio general. Destaca el caso de la categoría de

OPT como uno de los más bajos. El grupo con las categorías con menor producción presenta una situación de factor de citación contrastante. Las categorías ACU y BIO resultaron con la relación más alta entre citas y trabajos y MEC con la más baja. La presencia de trabajos altamente citados, en estas categorías, provoca estos contrastes.

### **Revistas preferidas**

Los trabajos están dispersos en 481 títulos de revistas. De éstas, 478 están publicadas en países de Europa y USA, principalmente, y 3 en países latinoamericanos. De los 478, un título tiene más de 1000 trabajos, 27 acumularon entre 100 y 999; 144 entre 10 y 99, y 306 publicaron nueve o menos trabajos. Un poco más de la mitad de las revistas, 251 (52%), publicaron cinco o menos trabajos.

La visibilidad alcanzada por los trabajos, en términos de número de citas, tuvo diferencias importantes entre las distintas revistas. Los promedios de citas por trabajo en las revistas variaron en un intervalo de 11 a 98 citas promedio. Sólo dos casos (1. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 2. *Review of Modern Physics*), con 5 y 9 trabajos, respectivamente, alcanzaron un promedio mayor a 100 citas. El 78% de los títulos (377) tienen promedios inferiores y el 22% están por arriba de las 36.7 citas. En términos generales, existe una relación entre la producción y el factor de citación de las revistas. Las más productivas tienen promedios más cercanos al PGC y las menos productivas, están por abajo y en algunos casos cuentan con los promedios más altos.

Las revistas con promedios inferiores a 20 citas corresponden a las áreas de física general, físico-química, geociencias, geoquímica-geofísica, ciencia de materiales, y las físicas atómica, aplicada, de fluidos, nuclear y mecánica. Entre las revistas con factores de citación mayores a 50 citas, se encuentran títulos de las áreas de astronomía, físico química, geología, meteorología, física, general, ciencia de materiales y física general.

La tabla 14 muestra las 28 revistas con más de 100 trabajos. Entre estas destacan revistas correspondientes a las áreas más productivas como son: astronomía, física de materia condensada, física de campos y partículas, físico química y física atómica, aplicada, nuclear y de fluidos.

Siete revistas del área de astronomía-astrofísica están ubicadas en este grupo, en los lugares 1, 4, 6, 10, 23, 24 y 28. Tienen factor de citación por arriba de las 40 citas, excepto la número 4. Estas revistas concentran las publicaciones más productivas y citadas del área. Por ejemplo, la revista *Astrophys J*, que ocupa el primer lugar, publicó más de 1000 trabajos, mismos que recibieron 54,475 citas, con promedio de 50 citas por trabajo. Estos datos la ubican como el medio de difusión científica más constante, productivo y de mayor visibilidad científica en la física latinoamericana.

No.	Revistas	Trabajos	Citas	Factor citación
1	ASTROPHYS J	1101	55475	50.39
2	PHYS REV B	995	33835	34.01
3	PHYS REV LETT	850	39823	46.85
4	ASTRON ASTROPHYS	783	28071	35.85
5	PHYS REV D	482	15383	31.91
6	ASTRONOM J	464	21993	47.40
7	PHYS LETT B	417	14554	34.90
8	PHYS REV A	372	12790	34.38
9	J CHEM PHYS	352	12855	36.52
10	MONTHLY NOT ROYAL ASTRON SOC	264	11127	42.15
11	J PHYS CHEM	222	11037	49.72
12	J APPL PHYS	208	5903	28.38
13	PHYS REV C	199	5737	28.83
14	PHYS REV E	191	5465	28.61
15	APPL PHYS LETT	158	5365	33.96
16	NUCL PHYS B	158	6263	39.64
17	CHEM PHYS LETT	149	4827	32.40
18	J MATH PHYS	141	4345	30.82
19	J PHYS A	136	4553	33.48

20	PHYS LETT A	136	4123	30.32
21	NUCL PHYS A	133	3830	28.80
22	ASTRON ASTROPHYS SUPPL SER	127	6782	53.40
23	J GEOPHYS RES ATMOSPHER	120	5491	45.76
24	ASTROPHYS J SUPPL SER	118	6203	52.57
25	J CATALYSIS	113	3675	32.52
26	LANGMUIR	113	3104	27.47
27	J GEOPHYS RES SPACE PHYS	105	4666	44.44
28	SOLID STATE COMM	102	2620	25.69

Tabla 14. Revistas preferidas para publicar en la física latinoamericana: 1973-2005.

Las tres revistas publicadas en países de la región (1. *Brazilian Journal of Physics*, 2. *Revista Geológica de Chile*, y 3. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*), sumaron 69 trabajos que recibieron 2,401 citas y un promedio de 35 citas por trabajo. Estos datos las ubican como revistas poco productivas y con un factor de citación intermedio.

## Indicadores geográficos

### Países

La tabla 15 muestra los indicadores bibliométricos básicos por país referentes a la producción, citas, coautoría, instituciones de adscripción y los promedios correspondientes a cada uno de estos indicadores. Están organizados en cuatro grupos de países de acuerdo con los niveles de producción. El grupo 1 incluye a los cuatro países con más de mil trabajos, que son responsables del 90% del total de las publicaciones y las citas en el área. Brasil, con la mayor producción, publica las dos quintas partes de los trabajos y recibe un poco más de una tercera parte del total de las citas. México aporta

cerca de una quinta parte de la producción y las citas. En términos generales, los promedios de coautoría e instituciones por trabajo son más altos en los países más productivos, pero no ocurre lo mismo con el impacto, donde el más productivo (Brasil) tiene uno de los impactos más bajos y Chile que resultó con la producción más baja de este grupo, presenta el impacto más alto. Argentina y México presentan porcentajes intermedios, similares al PGC. Chile y Argentina tienen menos autores e instituciones por trabajo que Brasil y México que muestran niveles similares.

El segundo grupo está integrado también por cuatro países que les corresponde un indicador de producción de nivel 2, de 100 a 999 trabajos. Juntos aportan el 8% del total de la producción y las citas. Venezuela produce la mitad de los trabajos y las citas de este grupo. Tres de los cuatro países: Venezuela, Puerto Rico y Colombia, presentan impactos por arriba del PGC, cada uno con patrones de colaboración científica muy diferentes en número de autores e instituciones por trabajo. Colombia presenta indicadores con mayor influencia del trabajo en colaboración, con casi 100 autores y 20 instituciones por trabajo, resultado de una práctica científica altamente dependiente de temas desarrollados como proyectos multi-institucionales, denominados de gran ciencia. Cuba muestra el caso extremo, con los promedios de citas, número de investigadores e instituciones por trabajo más bajos, como señales de una práctica científica aislada, pero que ha mantenido su nivel de producción y visibilidad durante las cuatro décadas del estudio.

PAIS	TRAB	CITAS	COAUT <sup>1</sup>	INST <sup>2</sup>	% TRAB	% CITAS	FACTOR CITAS	COAUT / TRAB	INST / TRAB
<b>Grupo 1</b>									
BRASIL	5746	186286	85122	26518	41.1	36.3	32.4	14.8	4.6
MEXICO	2572	95311	34105	10486	18.4	18.6	37.1	13.3	4.1
CHILE	1896	92267	12369	7096	13.6	18.0	48.7	6.5	3.7
ARGENTINA	2331	81879	23150	8145	16.7	16.0	35.1	9.9	3.5
<b>Grupo 2</b>									
VENEZUELA	543	21699	3589	1370	3.9	4.2	40.0	6.6	2.5
PUERTO RICO	236	11658	1898	668	1.7	2.3	49.4	8.0	2.8
COLOMBIA	136	5537	12727	2591	1.0	1.1	40.7	93.6	19.1
CUBA	178	3569	766	392	1.3	0.7	20.1	4.3	2.2

Grupo 3									
PERU	76	3789	414	248	0.5	0.7	49.9	5.4	3.3
URUGUAY	62	2317	315	175	0.4	0.5	37.4	5.1	2.8
ECUADOR	38	1392	3491	911	0.3	0.3	36.6	91.9	24.0
COSTA RICA	30	1351	132	70	0.2	0.3	45.0	4.4	2.3
BOLIVIA	27	1158	130	83	0.2	0.2	42.9	4.8	3.1
JAMAICA	26	1075	115	66	0.2	0.2	41.3	4.4	2.5
TRINIDAD & TOBAGO	32	775	137	98	0.2	0.2	24.2	4.3	3.1
PANAMA	13	1111	47	33	0.1	0.2	85.5	3.6	2.5
Grupo 4									
HONDURAS	5	496	472	100	0.0	0.1	99.2	94.4	20.0
GUATEMALA	4	240	29	23	0.0	0.0	60.0	7.3	5.8
BARBADOS	5	126	11	9	0.0	0.0	25.2	2.2	1.8
OTROS*	17	452	72	22	0.1	0.1	26.6	4.2	1.3
Totales	13973	512488	179091	59104	100.0	100.0	36.7	12.8	4.2

\*Bahamas, Grenada y República Dominicana.

<sup>1</sup> Se refiere a la suma de total de participaciones de los autores en los trabajos.

<sup>2</sup> Se refiere a la suma total de participaciones de las instituciones en los trabajos.

Tabla 15. Producción y visibilidad relevante de la física latinoamericana por país: 1973-2005.

El tercer grupo, formado por ocho países con niveles de producción entre 10 y 100 trabajos, aportaron el 2% y el 2.5% de trabajos y citas del total, respectivamente. La mayoría de estos países, con excepción de Trinidad y Tobago, superan el promedio general, pero mantienen prácticas tradicionales de colaboración de grupos no mayores a cinco autores y de una a tres instituciones de adscripción por trabajo. Ecuador presenta una excepción en este grupo, con indicadores resultantes de trabajos realizados principalmente en colaboraciones de multiautoría y multi-institucionales, similar al caso de Colombia, ubicada en el grupo 2. Existen países con producción realizada sólo en periodos específicos: Por ejemplo, Jamaica en las décadas de los años 70 y 80; Panamá en los años 90; Ecuador y Uruguay en las dos últimas décadas del periodo estudiado.

El grupo cuatro está formado por 6 países con menos de 10 trabajos, en la tabla 15 se incluyen únicamente los tres más representativos: Honduras, Guatemala y Barbados. Se trata de trabajos publicados ocasionalmente, con adscripción a alguna institución de estos países. Los trabajos detectados se



encuentran publicados en distintos años a lo largo del periodo estudiado, sin mostrar todavía ninguna continuidad en la producción de trabajos.

### **Instituciones**

Se identificaron 597 instituciones con participación en la producción relevante en física, distribuidas en 22 países de la siguiente manera: Brasil 169, Argentina 128, México 67, Chile 54, Cuba 32, Venezuela 25, Perú 24, Colombia 18, Puerto Rico 15, Uruguay 13, Bolivia 13, Ecuador 11, Costa Rica 6, y con 3 o menos Barbados, República Dominicana, Guatemala, Nicaragua, Panamá, Honduras, Jamaica, Bahamas, y Grenada, con una importante diversidad de nombres de las instituciones y sectores de pertenencia. En el sector académico encontramos: universidades, escuelas, facultades; centros, colegios e institutos de investigación. En el sector gubernamental: observatorios, museos, laboratorios (nacionales e industriales); comisiones, direcciones generales, Secretarías de Estado, y entidades de servicios (meteorológicos, geológicos, sismológicos. En el sector de instituciones no gubernamentales: sociedades y asociaciones científicas. En el sector privado e industrial: laboratorios, centros de investigación, universidades, y empresas transnacionales, principalmente en la industria minero metalúrgica.

Existe una alta concentración del 95% de la producción en entidades del sector académico y de investigación. En menor medida en organismos gubernamentales o de administración pública, así como en instituciones de enseñanza e investigación privadas. Del total de las 597 instituciones más productivas, se seleccionaron 275 que cuentan con 3 o más trabajos y se organizaron en el Anexo 1, por niveles de producción en cuatro grupos según el indicador general de producción (IGP): grupo 1, con más de mil trabajos; grupo 2, de 100 a 999; grupo 3, de 10 a 99; y grupo 4, de 3 a 9 trabajos. Cada institución incluye el número de trabajos publicados, las citas obtenidas y el factor de citación correspondiente.

El primer grupo del Anexo 1, incluye dos instituciones: (I) Universidad de Sao Paulo (USP), y (II) Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Estas dos instituciones están consideradas como instituciones de clase

universal y como centros de excelencia en ciencias físicas, tanto a nivel internacional como en las regiones de ALyC. Con una infraestructura de recursos humanos, materiales y programas de enseñanza e investigación de clase internacional, que les ha permitido, por un lado, mantener la continuidad en la producción de corriente principal en el área, incluyendo trabajos altamente citados y, por otro lado, formar nuevos grupos de investigación y desarrollar programas de enseñanza y líneas de investigación como se muestra más adelante en las tablas 16 y 17.

El grupo 2 del anexo 1, está conformado por 34 instituciones clasificadas en las posiciones del número 2 al 36. Incluye 20 universidades, 6 entidades de investigación, cuatro observatorios y dos instituciones gubernamentales. Entre éstas se encuentran los centros, observatorios e institutos de investigación más importante de ALyC. Todos son especializados en diferentes temas de ciencias físicas y en astronomía. Tal es el caso del Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF); el Departamento de Física del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav-DF); dependencias de investigación del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC); el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, y los observatorios europeo e interamericano de Chile. En este grupo predominan las instituciones brasileñas (15), argentinas (8) y en menor medida de México y Chile, con cuatro cada uno. Entre las más productivas de este grupo destacan la Universidad de Campiñas, el CBPF, el Cinvestav, el Observatorio Interamericano Cerro Tololo y la Universidad Federal de Río Grande do Sul, con más de 500 trabajos. Los dos observatorios y las universidades Chilena y Pontificia de Chile destacan entre las instituciones con un factor de citación mayor a 45 citas por trabajo; en contraste con las diez universidades brasileñas que resultaron con promedios más bajos, de 30 citas por trabajo. Las instituciones mexicanas y argentinas resultaron con promedio de citas similares al promedio general de 36.7 citas por trabajo, como se muestra en la tabla del Anexo 1. Grupo 2.

El tercer grupo del anexo 1, lo integran 96 instituciones identificadas con las posiciones del número 37 al 132. Tienen su sede en 13 países distintos: Brasil (32), Argentina (20), México (15), Chile (9), Venezuela (6), Colombia (4),

Perú (4), y Cuba, Ecuador, Costa Rica, Jamaica, Puerto Rico y Uruguay, con un trabajo. Predominan las universidades con distintas denominaciones: federales, nacionales, estatales, autónomas, con un poco menos de la mitad del total de las entidades de este grupo. Entre las instituciones restantes se encuentran institutos y centros de investigación trabajando en una gran variedad de especialidades: óptica, física nuclear, de partículas elementales, ciencia de materiales, oceanografía, sismología, astronomía, espacio aéreo, radioastronomía, minería, ingenierías, geofísica, industria química, fisicoquímica, petroquímica; con diferentes orientaciones hacia aspectos de tipo teórico, experimental, industrial y aplicado. Observatorios de astronomía, astrofísica y astro partículas, principalmente de Chile. También aparecen dos laboratorios brasileños: Laboratorio Nacional de Astrofísica y el Laboratorio Nacional de Luz de Sincrotrón, así como diferentes instituciones con financiamiento privado: Petrobras SA y Telebras SA, de Brasil, e INTEVEP SA, de Venezuela, principalmente. Entre las instituciones con mayor impacto destacan las instituciones del área de astronomía (Radio Observatorio Jicamarca; Centro de Investigación Astronómica; Observatorios Nacional de Óptica y Astronomía, y Observatorio Carnegie Instituto de Washington. Entre las más productivas y con mayor impacto se encuentran las instituciones chilenas. Entre las instituciones con promedios menores a 25 citas se encuentran las brasileñas, y en menor medida las mexicanas, como lo muestra la información del anexo 1 grupo 3.

El grupo cuatro lo conforman un total de 465 instituciones con una producción de uno a 9 trabajos. 229 instituciones, que representan cerca de la mitad (49%) del total del grupo, tienen una sola participación en la producción. El 41 % tienen entre 2 y 5 trabajos y el 10% restante tienen entre 5 y 9 publicaciones.

Las 465 instituciones tienen su sede en 22 países diferentes: 121 en Brasil, 100 en Argentina, 47 en México, 42 en Chile, 30 en Cuba, 20 en Perú y 20 en Venezuela; 13 en cada uno de los siguientes países: Colombia, Bolivia y Puerto Rico; 12 en Uruguay, 9 en Ecuador, 5 en Costa Rica, 4 en Trinidad y Tobago, y de una a tres en los siguientes países: Barbados, Nicaragua,

Honduras, Bahamas, República Dominicana, Guatemala, Panamá, Guyana, Jamaica y Grenada.

El anexo 1 grupo 4, sólo incluye 143 instituciones del grupo cuatro que publicaron entre tres y nueve trabajos. Éstas se encuentran clasificadas entre las posiciones correspondientes del número 133 al 275.

### **Ciudades**

En la mayoría de los países y las instituciones, encontramos relación entre las capacidades de los grupos de investigación para producir conocimientos y para auto-reproducirse en nuevos grupos de investigación en las condiciones del contexto local. Los promedios de citas por trabajo reportados para los distintos grupos, operando en distintas regiones geográficas, no presentan diferencias significativas.

La capacidad para generar trabajos de investigación científica en física se extendió, en el periodo estudiado, a la mayoría de los países de Latinoamérica, dando lugar a una importante geografía de prácticas científicas en los contextos locales, que abarca una diversidad de 208 ciudades. Éstas se encuentran dispersas en las distintas regiones de Latinoamérica, con sede en países del Norte, Centroamérica, Sudamérica y el Caribe.

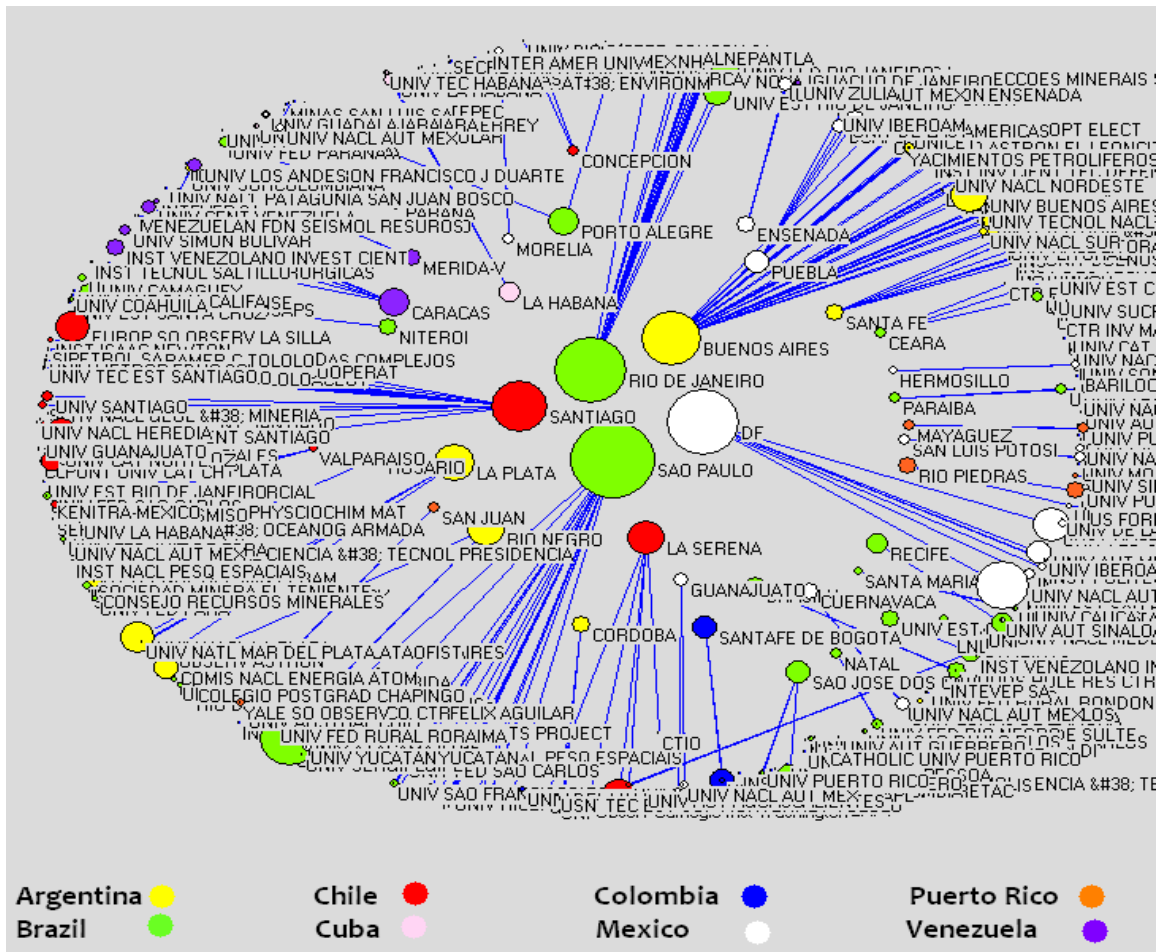
Como muestra de lo anterior, se presenta en la figura 10, las relaciones entre las ciudades y las instituciones sede de las investigaciones. Se utiliza una red de relaciones entre ciudades e instituciones, con estructuras, donde los nodos representan ciudades e instituciones y las líneas las relaciones; el tamaño de los nodos indica la suma de la producción de las instituciones por cada ciudad. Las ciudades e instituciones de cada país se consideran como grupos (clusters) con nodos de colores diferentes, por país, como lo muestran las figuras 10-15.

Esta organización de la información permite observar algunas características generales de la distribución geográfica de la producción. Los países presentan un patrón muy parecido en la distribución de la producción.

Una concentración de las publicaciones en instituciones establecidas en pocas ciudades, que incluye las de mayor población. Generalmente cercanas geográficamente y bien comunicadas, donde podemos decir que se han conformado zonas o regiones geográficas de interacciones colectivas, flujos de comunicación y prácticas de producción de conocimientos científicos. Estas características generales dan idea de la existencia de mecanismos comunes en las formas de reproducción de grupos de investigación en las regiones, que sería bueno identificar en otros estudios específicos.

En la figura 10, destaca de manera prominente, la importancia de las ciudades de Buenos Aires, DF-México, Río de Janeiro, Sao Paulo y Santiago. Este grupo de ciudades conforman la geografía principal de sitios de promoción y generación de conocimientos en física en Latinoamérica. Con instituciones que se han consolidado como centros de excelencia científica en la región, formando recursos, creando instituciones de investigación, reproduciendo grupos de investigación, programas de docencia y líneas de investigación, en cientos de dependencias, dentro y fuera de la institución y las ciudades sedes.

Las figuras 11, 12, 13, 14 y 15, muestran la distribución de publicaciones por ciudades en distintos países. En cada una de las redes, los nodos amarillos representan los lugares geográficos, los verdes las instituciones, las líneas las relaciones entre estas entidades y el tamaño de los nodos la producción. Los datos de la ciudad son conforme a la información de los índices ISI-Thomson.

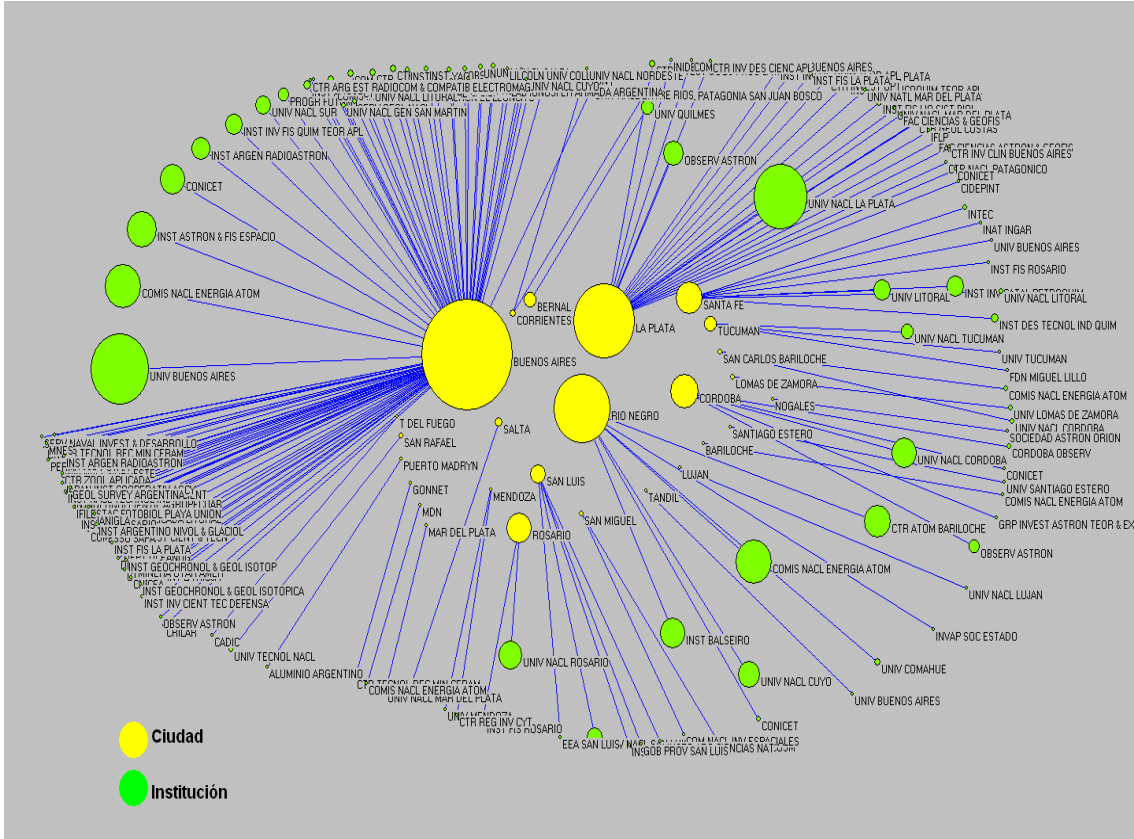


Los nodos representan Ciudades e Instituciones. Las líneas relaciones entre instituciones y ciudades. El volumen de los nodos la producción de las ciudades. Los nodos tienen un valor de 1 a 2862, el mayor corresponde a Sao Paulo.

Figura 10. Diversificación de la producción científica en física en ALyC, por ciudades e instituciones: 1973-2005.

En el caso de Argentina (figura 11), encontramos una distribución de grupos de investigación en una geografía dispersa de 30 ciudades sedes de instituciones de investigación. Más del 50% de la producción se encuentra concentrada en cerca de 100 instituciones con sede en dos ciudades. En Buenos Aires, destacan la Universidad de Buenos Aires, la Comisión Nacional de Energía Atómica, el Instituto Astronómico y Física del Espacio, y el Instituto Argentino de Radioastronomía, entre otras. En La Plata, con 25 instituciones, sobresalen la Universidad Nacional de La Plata y el Observatorio Astronómico. Existen otras ciudades importantes, San Carlos Bariloche, en la provincia de Río Negro, sede de importantes entidades de investigación como son el Instituto Balseiro y el Centro Atómico Bariloche, que colaboran estrechamente

con distintas Universidades, entre ellas la del Cuyo, así como con la Comisión Nacional de Energía Atómica, que aparecen ligadas a esta ciudad.



Los nodos representan Ciudades e Instituciones. Las líneas las relaciones entre las instituciones y sus ciudades sedes, y el volumen de los nodos la suma de la producción de las instituciones de cada ciudad.

Los nodos tienen un valor de 1 a 1459, este último corresponde a Buenos Aires.

Figura 11. Diversificación de la producción argentina en física por ciudades e instituciones: 1973-2005.

Otras entidades geográficas donde se han asentado programas de investigación con continuidad son las provincias de Córdoba, Santa Fe y Rosario. Cuentan con instituciones que alcanzaron niveles de producción muy parecidos. Cada provincia basa su producción en la Universidad local: la de Córdoba, del Litoral y del Rosario, respectivamente, así como en otros institutos, centros de investigación y observatorios. De acuerdo con el tamaño de los nodos el siguiente nivel de producción lo ocupan las ciudades de Bernal, Tucumán y San Luis. Un poco más de la mitad de las instituciones (56%) tienen 3 o menos trabajos, y tienen su sede en las ciudades con menor producción

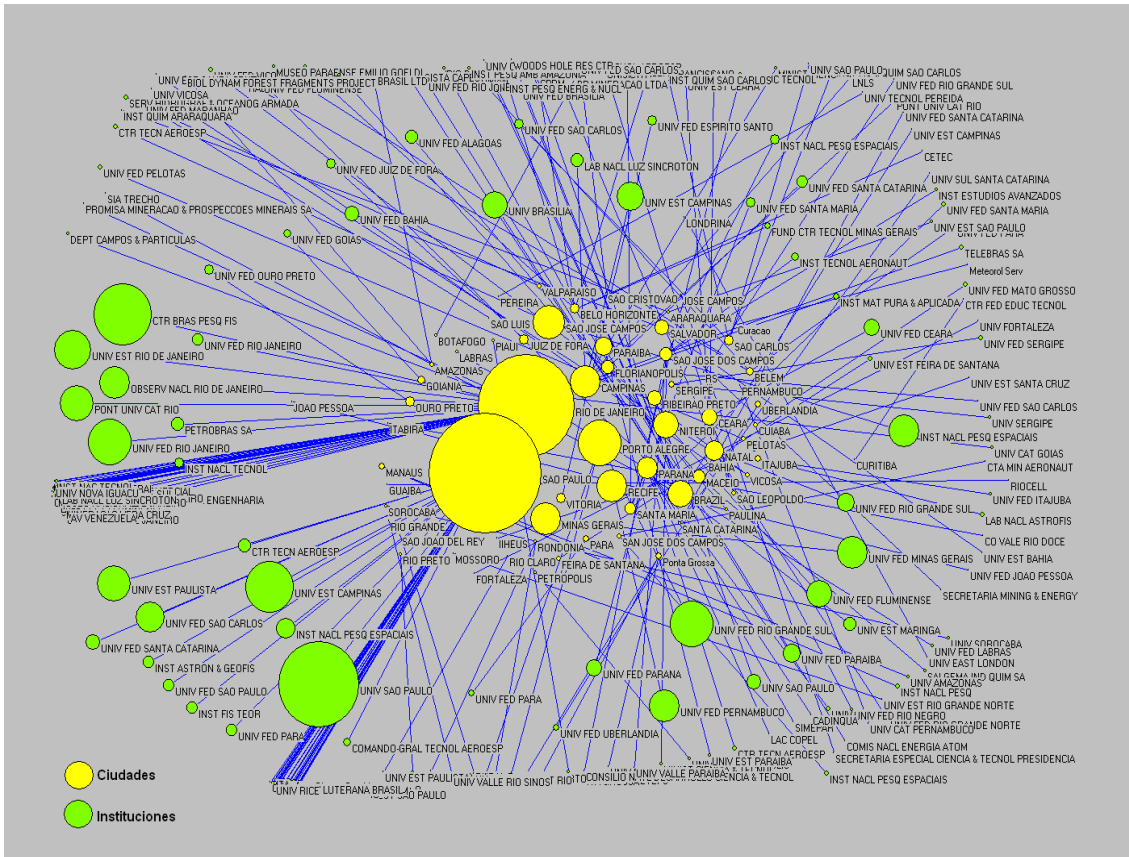
como son: Corrientes, Lomas de Zamora, Salta, San Miguel, Tandín, Lujan, Mendoza, Tierra del Fuego y Puerto Madryn.

Brasil es el país con la mayor diversificación geográfica de publicaciones relevantes en física por ciudades. Identificamos 210 instituciones brasileñas con sede en 74 ciudades distintas (figura 12).

Generalmente las ciudades que cuentan con el mayor número de instituciones resultaron las más productivas. Cerca de dos terceras partes (62%) de las instituciones publicaron entre 1 y 9 trabajos y juntas sumaron apenas el 2% de la producción total. El 98% restante fueron publicados en 28 entidades. Destaca la producción de 10 ciudades ubicadas principalmente en los estados de las zonas sur y sureste: Sao Paulo, Río de Janeiro, Porto Alegre, Sao José dos Campos, Campiñas, Recife, Minas Gerais, Niteroi, Brasilia, y Paraná. En cada una se generaron más de 100 publicaciones y juntas suman el 90% de la producción total. En estas ciudades se encuentran instaladas las instituciones más productivas con más de 100 trabajos cada una, entre las que se encuentran las Universidades de Sao Paulo y Brasilia; las Estaduales de Campiñas, Río de Janeiro y Paulista; las Federales de Río Grande do Sul, Río de Janeiro, Sao Carlos, Pernambuco, Minas Gerais, y Fluminense; La Pontificia Católica de Río de Janeiro; tres centros de investigación: Brasileiro de Pesquisas Físicas, el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, y el Observatorio Nacional de Rio de Janeiro.

Las ciudades de Sao Paulo y Río de Janeiro aparecen como las capitales científicas de Brasil, generadoras de conocimientos en ciencias físicas. Cuentan con la producción de conocimientos científicos más relevantes en física, los lugares centrales de la física y las entidades con mayor número de instituciones. Todas con financiamiento público y una entidad con financiamiento privado.





Los nodos representan Ciudades e Instituciones. Las líneas las relaciones entre las instituciones y sus ciudades sedes, y el volumen de los nodos la suma de la producción de las instituciones de cada ciudad.

Los nodos tienen un valor de 1 a 2846, este último corresponde a Sao Paulo.

Figura 12. Diversificación de la producción brasileña en física por ciudades e instituciones: 1973-2005.

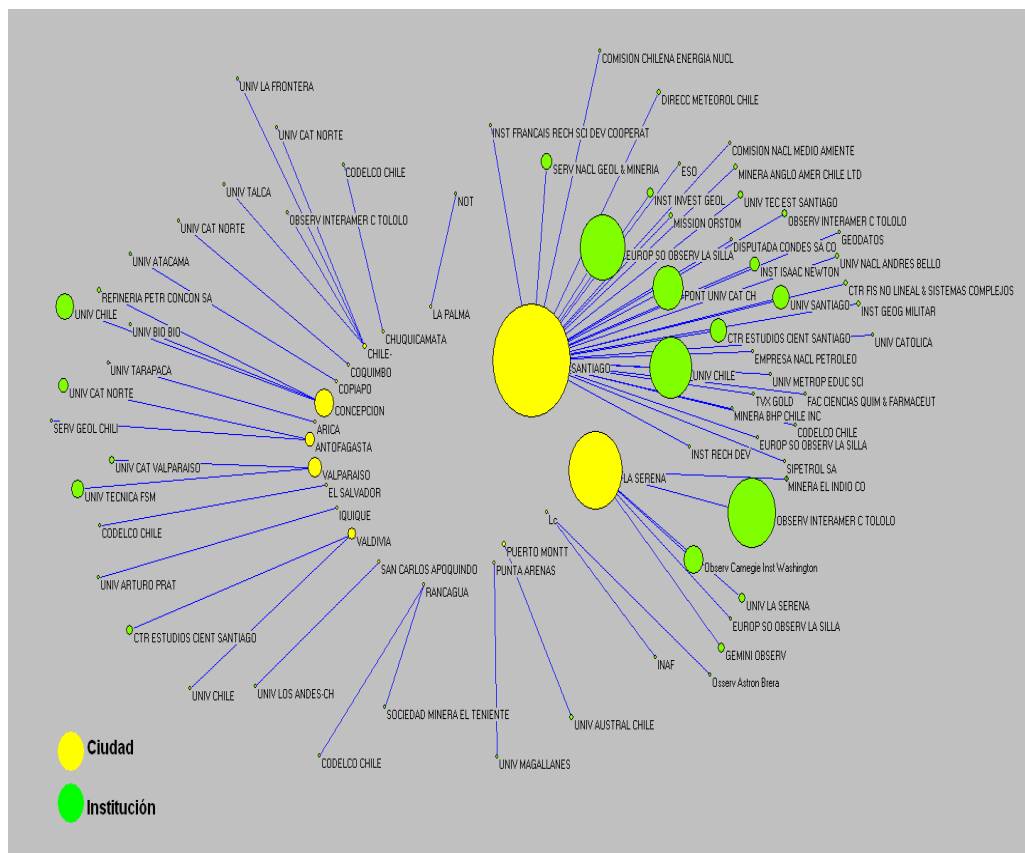
Chile cuenta con una estructura organizacional de 65 instituciones con sede en 18 ciudades, pero concentrada en un 97% en cuatro ciudades: Santiago, La Serena, Concepción y Valparaíso (figura 13).

Las 9 instituciones responsables del 90%, tienen su sede en estas ciudades. Entre estas se encuentran el Observatorio Interamericano Cerro Tololo y la Universidad de Chile, que juntos acumulan cerca del 50% de la producción total.

A diferencia de la mayoría de los países de ALyC que organizan su producción con base en las estructuras y los recursos de sus universidades públicas, Chile cuenta con una matriz de producción institucional con

predominio de la investigación de tipo observacional, desarrollada en cuatro observatorios especializados en investigación en el área de astronomía-astrofísica: (i) European So Observatory la Silla, (ii) Gemini Observatory, (iii) Observatory Carnegie Institution of Washington, (iv) Observatorio Interamericano Cerro Tololo.

Las universidades de Chile y de Santiago también son parte importante de esta matriz institucional. La primera con dependencias en distintas ciudades.



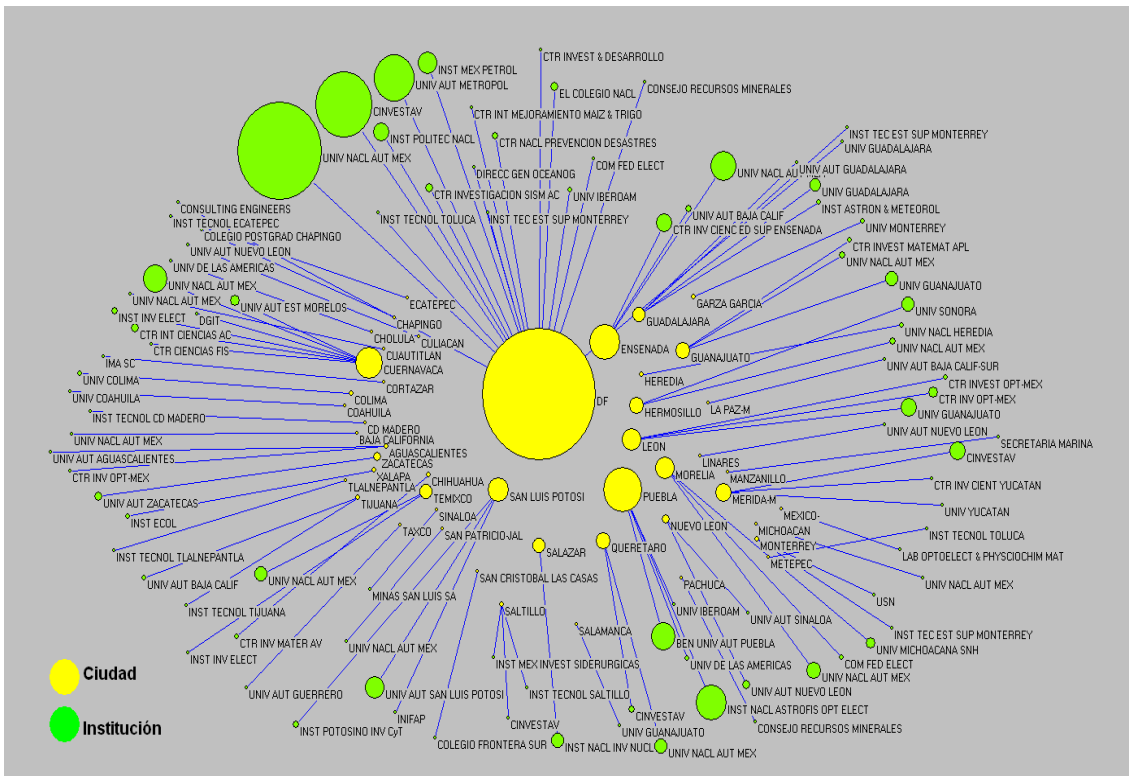
Los nodos representan Ciudades e Instituciones. Las líneas las relaciones entre las instituciones y sus ciudades sedes, y el volumen de los nodos es la suma de la producción de las instituciones de cada ciudad.

Los nodos tienen un valor de 1 a 1310, este último corresponde a Santiago.

Figura 13. Diversificación de la producción chilena en física por ciudades e instituciones: 1973-2005.

Con respecto a México, que es el segundo país más productivo, encontramos 72 instituciones con sede en 45 ciudades, como se muestra en la red de la figura 14. Junto con Chile, presenta los casos extremos de

concentración de la producción, tanto en lo que se refiere a las instituciones como a las ciudades. Por un lado, una sola institución, la UNAM concentra un poco más del 50% de la producción total en ciencias físicas del país; así mismo, el 73% de los trabajos fueron generados con alguna participación de la UNAM, con el CINVESTAV o con la Universidad Autónoma Metropolitana, mismas que se encuentran en una sola ciudad, el Distrito Federal (DF), que es sede de las dos terceras (66%) partes de la producción total (figura 14).



**Los nodos representan Ciudades e Instituciones. Las líneas las relaciones entre las instituciones y sus ciudades sedes, y el volumen de los nodos la suma de la producción de las instituciones de cada ciudad.**

**Los nodos tienen un valor de 1 a 2107, este último corresponde al DF (Distrito Federal).**

Figura 14. Diversificación de la producción mexicana en física por ciudades e instituciones: 1973-2005.

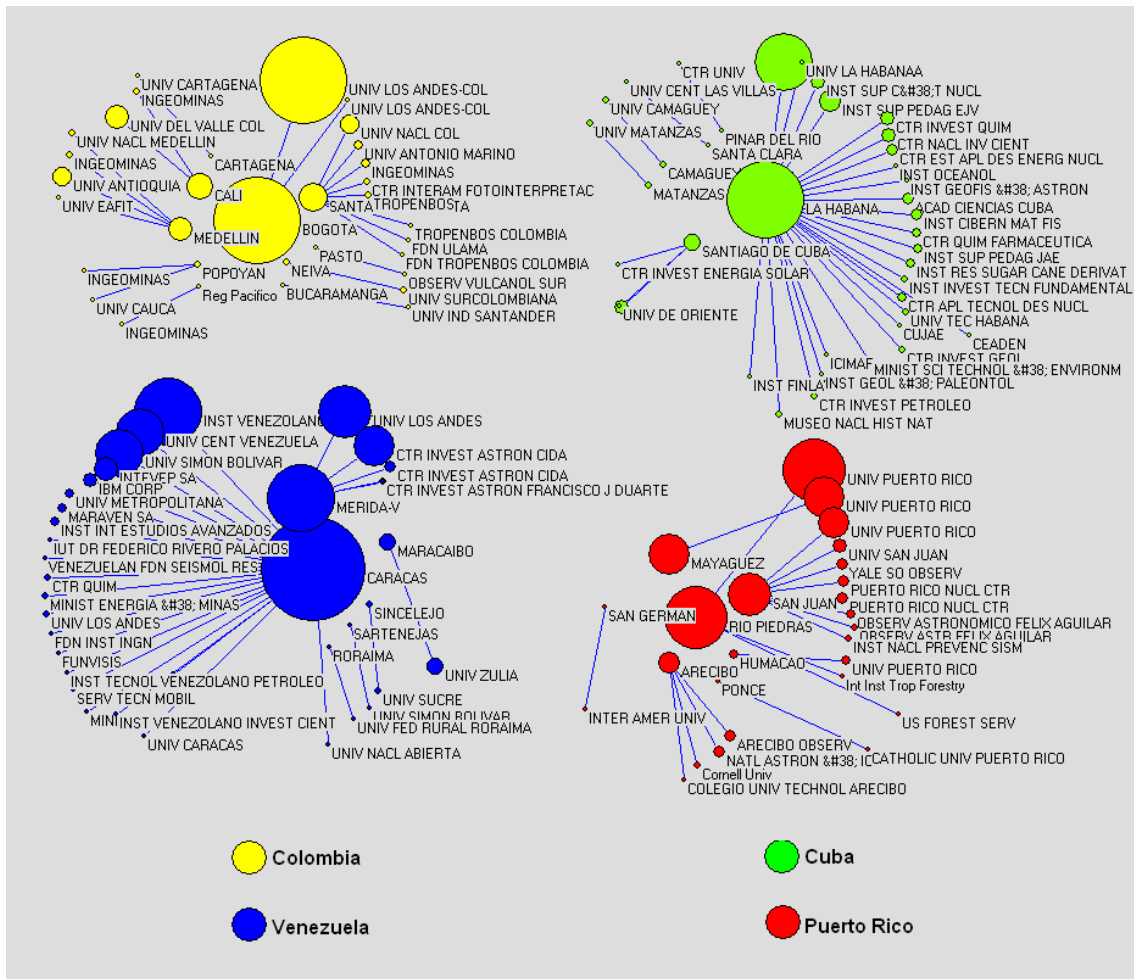
El segundo grupo está conformado por ciudades con sede en estados importantes de la geografía científica mexicana, como son: Puebla, San Luis Potosí, Guanajuato, Sonora, Guadalajara, Morelos, Michoacán, Nuevo León, Zacatecas y Baja California, principalmente. La mayoría de estas ciudades y

estados se han visto beneficiadas con los procesos de descentralización implementados en tres instituciones: la UNAM, el Cinvestav y el Instituto Politécnico Nacional. Así como por una política pública de creación de centros de investigación regionales como son: Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Centro de Investigación en Óptica, Centro de Investigación Sismológica, entre otros, así como por la presencia de entidades del sector energético como son el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).

Los países con indicador de producción 2, presentan patrones similares de concentración geográfica de las prácticas científicas modernas en física, a las seguidas en los países más productivos como lo muestra la figura 15. Sobre todo en los casos de Colombia, Cuba y Puerto Rico, con un patrón de producción de conocimientos en el área estudiada fuertemente localizado en las ciudades capitales y dependiente de las circunstancias de las universidades nacionales. Estos países presentan una geografía de dispersión menor a 10 ciudades (figura 15).

Venezuela también concentra su producción en dos ciudades: Caracas y Mérida, pero presenta una distribución distinta de las capacidades nacionales para producir conocimientos, repartidas en tres tipos de instituciones. (i) Centros investigación: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, y Centro de Investigación en Astronomía, entre otros, (ii) las Universidades de Los Andes, Central de Venezuela y Simón Bolívar, principalmente, y (iii) en menor medida, en centros de investigación que operan con financiamiento privado: Maraven SA, IBM Corp, y INTEVEP SA.

A pesar de las circunstancias de concentración de la producción, en los países de Colombia, Cuba y Venezuela, se ha conformado en torno a las prácticas de producción de conocimientos una importante estructura organizacional que da cuenta de la diversificación institucional de los programas de investigación en física.



Los nodos representan Ciudades e Instituciones. Las líneas las relaciones entre las instituciones y sus ciudades sedes, y el volumen de los nodos a la suma de la producción de las instituciones de cada ciudad. Los nodos tienen valores distintos en cada país.

Figura 15. Diversificación de la producción en física por ciudades e instituciones: Colombia, Cuba, Venezuela y Puerto Rico, 1973-2005.

En Puerto Rico se encontró la estructura organizacional más simple de este grupo. Una modalidad de producción que involucra el menor número de instituciones. Esta situación da cuenta de un contexto difícil para reproducir procesos de formación de recursos humanos, desarrollo de grupos de investigación y creación de espacios para la investigación.

### Dependencias

Las comunidades locales de investigación recrearon sus formas de organización, dependientes de circunstancias internas y externas. En el primer caso, relacionados con la formación de recursos humanos y la creación de las

condiciones materiales (instituciones, laboratorios, financiamiento) para la investigación y, en el segundo caso, con las capacidades para establecer y mantener relaciones de colaboración e influencia científica a nivel internacional.

La formación constante de recursos humanos está fuertemente asociada con la diversificación de intereses en la investigación, en las orientaciones temáticas, uso de metodologías y tipos de investigación. Estas circunstancias, se reconocen como fuerzas promotoras de la formación de nuevos grupos y líneas de investigación, que se espera sigan procesos de arraigo e institucionalización de sus prácticas científicas y, en el mejor de los casos, logren consolidarse formando nuevas dependencias, dentro de las propias instituciones de gestación o bien fuera de ellas. En el caso del sector académico, dan lugar a departamentos, institutos, facultades, escuelas, o centros de investigación como se muestra a continuación.

En las tablas 16, 17 y 18, se muestra la diversificación principal de las estructuras organizacionales de producción de conocimientos, desarrolladas en algunas de las instituciones más productivas.

La USP basa su producción en 40 dependencias distintas. A partir de una estructura central de temas y grupos de investigación consolidados en los Institutos de Física, Astronomía-Geofísica, Química y Geociencias, con sede en Sao Paulo. La USP diversificó sus temas de interés y la geografía de influencia, con la creación de programas de investigación y dependencias, dentro y fuera del lugar sede, en los municipios de Ribeirao Preto y Sao Carlos. La tabla 16, muestra los nombres de las 14 dependencias principales, con 3 o más trabajos.

No.	UNIV SAO PAULO	CIUDAD	TRABAJOS	CITAS	FACTOR CITAS
1	INST FIS SAO CARLOS	SAO PAULO	646	20383	31.55
2	INST ASTRON & GEOFIS	SAO PAULO	319	10343	32.42
3	INST QUIM SAO CARLOS	SAO PAULO	195	6160	31.59
4	INST FIS & QUIM SAO CARLOS	SAO CARLOS	157	5389	34.32
6	INST GEOCIENCIAS	SAO PAULO	59	1809	30.66

7	FAC FIL CIENC LETRAS RP	RIBEIRAO PRETO	46	1133	24.63
8	ESCUELA POLITECNICA	SAO PAULO	10	251	25.10
9	INST MAT & ESTAD	SAO PAULO	9	366	40.67
10	CTR ENERGIA NUCL AGR	SAO PAULO	7	220	31.43
11	FAC MED	SAO PAULO	5	120	24.00
12	CTR PESQUISAS GEOCRONOL	SAO PAULO	4	96	24.00
13	DEPT FIS & INFORMAT	SAO PAULO	3	151	50.33
14	INST CIENC MAT COMP SC	SAO PAULO	3	61	20.33
15	OTROS	SAO PAULO	38	1150	30.26

Tabla 16. Diversificación de la producción en física por dependencias: Universidad de Sao Paulo, 1973-2005.

La UNAM cuenta con una estructura organizacional de producción diversificada en 62 dependencias. Se originó y consolidó en el Distrito Federal, en los Institutos de Física, Astronomía, Ciencias Nucleares, Geofísica y Geociencias, principalmente. Con el tiempo ha diversificado sus intereses temáticos, tipos de investigación y la geografía de influencia de sus prácticas científicas. Algunos institutos, sobre todo los más productivos, como es el caso de Física y Astronomía, han descentralizado su producción en dependencias creadas en ciudades de cinco estados distintos: Baja California, Morelos, Michoacán, Querétaro y Guanajuato, como se muestra en la tabla 17, que contiene los nombres de las 25 dependencias principales, con 5 o más trabajos.

No.	UNAM	CIUDAD	TRABAJO	CITAS	FACTOR CITAS
1	INST ASTRON	DISTRITO FEDERAL	395	18327	46.40
2	INST FIS	DISTRITO FEDERAL	319	11768	36.89
3	INST CIENC NUCL	DISTRITO FEDERAL	79	2559	32.39
4	INST GEOFIS	DISTRITO FEDERAL	72	2293	31.85
5	FAC QUIM	DISTRITO FEDERAL	65	2027	31.18
6	INST INV MATER	DISTRITO FEDERAL	57	2106	36.95
7	INST ASTRON	ENSENADA	49	1743	35.57
8	INST FIS	CUERNAVACA	46	1453	31.59
9	INST ASTRON	MORELIA	31	1105	35.65
10	CTR CIENCIAS FIS	CUERNAVACA	30	687	22.90

<b>11</b>	INST FIS	ENSENADA	25	668	26.72
<b>12</b>	CTR INV ENERGIA	TEMIXCO	24	642	26.75
<b>13</b>	INST FIS	QUERETARO	23	944	41.04
<b>14</b>	INST INV MAT APL SIST	DISTRITO FEDERAL	22	620	28.18
<b>15</b>	INST INGN	DISTRITO FEDERAL	21	833	39.67
<b>16</b>	CTR ESTUDIOS NUCL	DISTRITO FEDERAL	21	694	33.05
<b>17</b>	INST GEOL	DISTRITO FEDERAL	21	601	28.62
<b>18</b>	FAC CIENCIAS	DISTRITO FEDERAL	18	573	31.83
<b>19</b>	INST QUIM	DISTRITO FEDERAL	18	425	23.61
<b>20</b>	OBSERV ASTRON NAEL	ENSENADA	17	1099	64.65
<b>21</b>	CTR CIENCIAS MAT COND	ENSENADA	10	196	19.60
<b>22</b>	INST GEOL	GUANAJUATO	7	213	30.43
<b>23</b>	INST MATEMAT	CUERNAVACA	6	142	23.67
<b>24</b>	INST CIENCIAS NUCL	DISTRITO FEDERAL	6	255	42.50
<b>25</b>	DIR GEN SIST COMP ACAD	DISTRITO FEDERAL	5	163	32.60
<b>26</b>	OTROS	VARIOS	97	2974	30.66

Tabla 17. Diversificación de la producción en física por dependencias: UNAM, 1973-2005.

Argentina presenta uno de los casos de mejor distribución de la producción y diversificación de sus instituciones. En la tabla 18 se presenta la diversificación de la estructura organizacional por dependencias de tres de las instituciones más productivas. La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y las Universidades de Buenos Aires y la Nacional de la Plata. Estas tres instituciones reforzaron su producción con la participación de un promedio de 23 entidades locales de investigación. En la mayoría de los casos se trata de grupos de investigación diversificados en las mismas instituciones. Por ejemplo, en el caso de la CNEA aparecen 10 departamentos, 5 facultades, 2 divisiones de investigación, 3 institutos, una gerencia, un observatorio y la colaboración de tres centros de investigación independientes.

Las Universidades de Buenos Aires y la Nacional de la Plata, también ampliaron los procesos de institucionalización de sus programas académicos y la formación de grupos de investigación bajo el modelo de crecimiento seguido a nivel internacional por las instituciones de investigación. Se crearon distintas



dependencias bajo el nombre de departamentos, facultades, centros, institutos y programas de investigación.

No.	DEPENDENCIAS	TRABAJO	CITAS	FACTOR CITAS
<b>COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA</b>				
1	CTR ATOM BARILOCHE	134	4502	33.6
2	CTR ATOM CONSTITUYENTES	7	412	58.9
3	DEPTO FISICA NUCLEAR	96	3153	32.8
4	DEPTO INSTRUMENTOS	5	157	31.4
5	DEPTO MATEMATICAS	23	814	35.4
6	DEPTO MATERIA CONDENSADA	1	28	28.0
7	DEPTO METALES	1	16	16.0
8	DEPTO PROSPECT & ESTUDIOS ESPECIALES	1	17	17.0
9	DEPTO QUIM REACTORES	24	894	37.3
10	DEPTO QUIMICA	1	26	26.0
11	DEPTO QUIMICA ANALITICA	1	39	39.0
12	DEPTO RADIACIONES ATOM & MOLEC	1	50	50.0
13	DIV CRISTALOGRAFÍA	1	18	18.0
14	DIV FISICA DE ESTADO SÓLIDO	12	308	25.7
15	GERENCIA INVESTIGACION	2	37	18.5
16	INST BALSEIRO	99	3589	36.3
17	INST FISICA MATEMATICAS	1	39	39.0
18	INVEST DESARROLLO & SERV	1	31	31.0
19	OBSERV FISICA COSMICA	2	183	91.5
<b>UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES</b>				
1	PROYECTO AGUA PESADA	1	20	20.0
2	UNIDAD ACT FIS	2	41	20.5
3	UNIDAD ACT QUIM	14	355	25.4
4	OTROS	38	1317	34.7
5	CIUDAD UNIVESITARIA	1	31	31.0
6	CONICET	20	508	25.4
7	CTR PROV BUENOS AIRES	1	22	22.0
8	CURSO POSGRAD GEOLOGIA	1	46	46.0

Capítulo 4. Resultados. Ciencias físicas 1973-2005

9	DEPTO CIENCIAS ATMOSFERICAS	3	89	29.7
10	DEPTO CIENCIAS GEOLOGICAS	11	331	30.1
11	DEPTO FISICA	68	3522	51.8
12	DEPTO ING QUIMICA	12	346	28.8
13	DEPTO MATEMATICAS	1	20	20.0
14	DEPTO METEOROLOGIA	1	25	25.0
15	DEPTO QUIM INORGAN ANALIT & QUIM FIS	1	34	34.0
16	FAC AGRONOMIA	6	153	25.5
17	FAC CIENCIAS EXACTAS & NAT	236	7370	31.2
18	FAC FARM & BIOQUIM	5	135	27.0
19	FAC FILOSOFIA Y LETRAS	1	18	18.0
20	FAC FISICA ESTADO SOLIDO	1	55	55.0
21	INST ASTRON & FIS ESPACIO	4	113	28.3
22	INST CALCULO	1	35	35.0
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL LA PLATA</b>				
1	INST MATEMAT ASTRON & FIS	2	36	18.0
2	INST OBSERV	4	130	32.5
3	OBSERV ASTRON	17	637	37.5
4	SEC CIENCIA & TEC	4	131	32.8
5	CEQUINOR	1	17	17.0
6	COMIS INVEST CIENTIFICAS	4	176	44.0
7	CONICET	30	1317	43.9
8	CTR INVEST GEOL	5	133	26.6
9	DEPTO CIENCIAS BIOLOGICAS	1	27	27.0
10	DEPTO FIS TEOR	9	231	25.7
11	DEPTO FISICA	110	3306	30.1
12	DEPTO ING CIVIL	1	25	25.0
13	DEPTO INGN PRODUCTIVA	1	17	17.0
14	DEPTO QUIMICA	2	36	18.0
15	FAC CIENCIAS ASTRON & GEOFIS	97	4109	42.4
16	FAC CIENCIAS EXACTAS & GEOFIS	136	3939	29.0
17	FAC CIENCIAS EXACTAS & NAT	29	778	26.8
18	FAC CIENCIAS GEOFIS & ASTRON	1	21	21.0
19	FAC CIENCIAS MED	1	47	47.0
20	FAC CIENCIAS NAT & MUSEO	6	154	25.7

21	FAC ING CIVIL	13	476	36.6
22	INST FIS LA PLATA	2	81	40.5
23	INST FIS LIQUIDOS & SISTEMAS BIOL	8	212	26.5
24	INST INVEST BIOQUIM	2	36	18.0
25	INST INVEST FIS QUIM TEOR & APLICADA	4	143	35.8
26	INST INVEST FISICOQUIM TEOR & APLICADAS	13	407	31.3
27	LAB FISICA TEORICA	1	18	18.0
28	OBSERV ASTRONOMICO	15	596	39.7
29	PROFOEG	1	31	31.0
30	OTROS	10	466	46.6

Tabla 18. Diversificación de la producción por instituciones y dependencias: caso de Argentina, 1973-2005.

## Colaboración científica

### Intertextualidad referencial

Las prácticas científicas relacionadas con los 13,956 trabajos, generados en la física latinoamericana, dieron lugar a la conformación, en los contextos locales, de estructuras de diferente tipo: temáticas, conceptuales, de citación, coautoría, comunicación y de colaboración científica. Estas estructuras acumulan tejidos de interacciones sociales y de comunicación que dan cuenta del proceso de conformación de los campos y comunidades científicas, en las ciencias físicas y sus procesos de arraigo en los contextos locales, mismos que se pueden estudiar por separado como temas específicos. En este caso sólo nos referimos a las estructuras relacionadas con aspectos de la colaboración científica.

En la producción científica de la física latinoamericana participaron 28,544 autores, adscritos a 3,275 instituciones que se encuentran dispersas en 96 países: 22 corresponden a las regiones de América Latina y el Caribe, y 74 a diferentes continentes: 13 de África, 17 de Asia, 37 de Europa, 2 de Norteamérica y 3 de Oceanía.

Los autores suman un total de 179,091 participaciones y las instituciones 59,104, con un *índice de coautoría* de 4.8 autores (tabla 12) y colaboración de un promedio de 4 instituciones por cada trabajo.

Esta actividad colectiva de coparticipación de autores e instituciones en cada trabajo, ha dado lugar a la conformación de diferentes estructuras sociales de interacción, acumuladas en el tiempo. Por ejemplo, la participación de las 3,275 instituciones y los 28,544 autores, actuando como nodos, forman parte de la red que acumula los conocimientos y recursos existentes a nivel internacional en las ciencias de la física. Estas relaciones dieron lugar, por un lado, a un tejido de 55,888 relaciones entre instituciones de la región latinoamericana y de otros continentes y, por otro lado, a una estructura de 922,152 relaciones de coautoría, con diferentes niveles de intensidad y temporalidad entre autores e instituciones.

#### Modalidades de colaboración

Además de los patrones generales de colaboración, cada país presenta particularidades distintas, producto de las diferencias en las circunstancias y componentes internos y externos que actúan en el desarrollo de las prácticas científicas en cada país. Un componente externo importante se refiere a la influencia recibida a través de los procesos de colaboración, diferenciada en términos de la región geográfica de procedencia de la colaboración y la modalidad de la misma.

De acuerdo con el indicador general de contextualización (IGC), desarrollado en la metodología (tablas 9, 10 y 11), se presenta la información desglosada en una clasificación de tres niveles. El primero de acuerdo con dos circunstancias de realización de los trabajos: (1) locales-endógenos, y (2) locales-exógenos. El segundo de acuerdo con la procedencia geográfica de la colaboración: trabajos locales, regionales, continentales o multi-continentales, y el tercero de acuerdo con 12 modalidades de colaboración (Tabla 19).

COLABORACION	MODALIDAD	TRABAJOS	% TRAB	CITAS	% CITAS	FACTOR CITACION
<b>1. Local endógena</b>						
<b>1.1 Local</b>						
1	LOCA-LOCAL	3319	23.75	109167	21.30	32.8
2	INTER- INSTITUCIONAL	1614	11.55	45772	8.93	28.3
		<b>1.2 Regional</b>				
3	AMERICA LATINA	552	3.95	16423	3.20	29.7
<b>2.</b>		<b>Local exógena</b>				
		<b>2.1Regional</b>				
4	NORTE AMERICA	2659	19.03	113731	22.19	42.7
<b>2.2 Continental</b>						
5	AFRICA	15	0.11	430	0.08	28.6
6	ASIA	289	2.07	9714	1.90	33.6
7	EUROPA	2982	21.34	107131	20.90	35.9
8	OCEANIA	38	0.27	1162	0.23	30.5
<b>2.3 Multi-continental</b>						
9	AMERICA-ASIA	204	1.46	7586	1.48	37.1
10	AMERICA- EUROPA	1133	8.11	47758	9.32	42.1
11	EUROPA-ASIA	191	1.37	6121	1.19	32.0
12	MULTICONTINE NTAL	976	6.99	47470	9.26	48.6

Tabla 19. Contextualización de la producción en física en ALyC: modalidades de colaboración.

#### Patrones generales de colaboración

Encontramos tres formas preferidas de colaboración para producir conocimientos en las ciencias físicas. El primero incluye el 23.75% de los trabajos y se da en circunstancias denominadas local-local, principalmente, a

partir de los recursos humanos y materiales existentes en las propias instituciones, escritos ya sea en forma individual o en colaboración. El segundo y el tercero incluyen trabajos con influencia de investigadores e instituciones de los países con mayor tradición científica, ubicados en el continente europeo y en Norteamérica (USA y Canadá), respectivamente. Bajo cada una de estas modalidades se produjo una quinta parte de las publicaciones. La colaboración con países de Europa generó una red de relaciones de colaboración con investigadores de 28 países, con una alta concentración del 80% de los trabajos en cinco países: Francia, Italia, Alemania, España e Inglaterra.

Existen otras modalidades importantes. La colaboración entre investigadores de instituciones de un mismo país ocurrió en el 11.55% de los trabajos y la continental con participación de investigadores de países de Europa y Norteamérica, sumaron el 8.11%.

De la modalidad de colaboración clasificada como *multicontinental*, el 90% de los trabajos fueron publicados en el periodo 1995-2005. Corresponden a trabajos desarrollados como proyectos multi-institucionales y multi-continenciales conocidos como proyectos de *gran ciencia* o consorcios internacionales de investigación; son propios de las áreas experimentales de física de campos y partículas, observacionales en astronomía y astrofísica y de revisiones del estado que guardan las disciplinas. Los 19 países más representativos de esta modalidad y que participan en el 90% de las publicaciones son: USA, Italia, Francia, Rusia, Brasil, Alemania, Inglaterra, India, Corea, Polonia, España, Japón, Suecia, Bélgica México, Grecia, Checoslovaquia, Holanda, y Argentina.

En términos generales, la modalidad de colaboración menos preferida fue con investigadores de países e instituciones con menor tradición científica, ubicados en los continentes de África, Asia y Oceanía, como se muestra en las figuras 16 y 17.

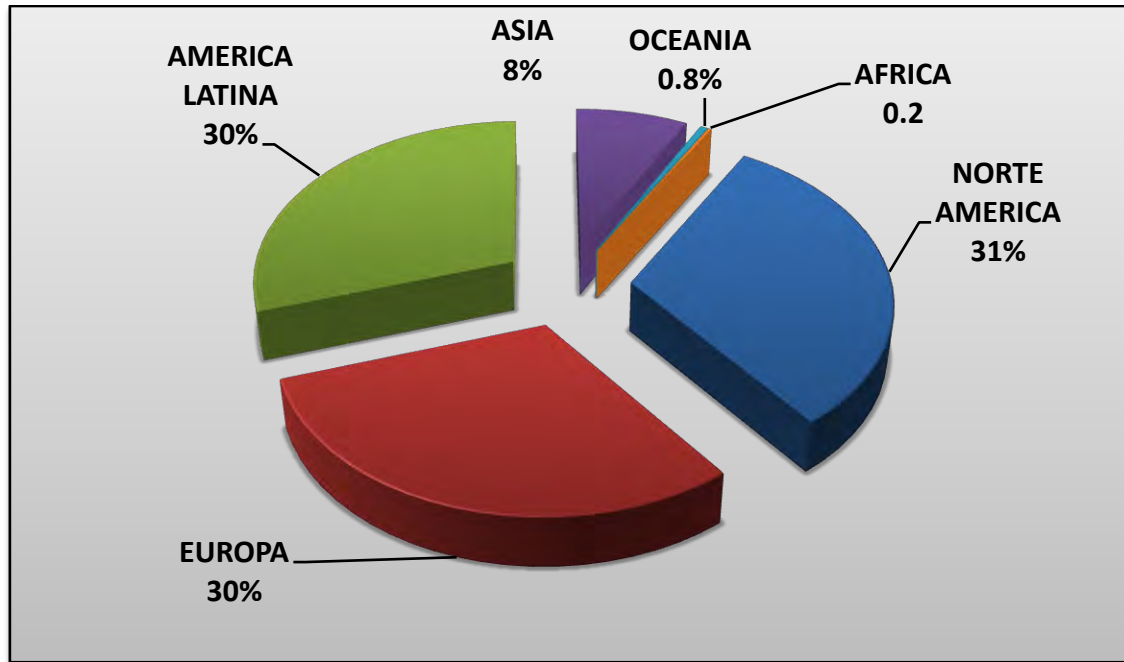


Figura 16. Colaboración científica latinoamericana en física por continente: producción, 1973-2005.

Los datos de las figuras 16 y 17 muestran, en términos generales, la preferencia de publicar con autores de países más desarrollados, como es el caso de Europa y América del Norte, en contraste con la escasa producción con países de los continentes de África, Asia y Oceanía.

Las prácticas de producción y citación se realizaron en circunstancias de los recursos y la influencia de instituciones de tres regiones geográficas distintas, principalmente. Una tercera parte en el contexto sur-sur de ALyC y un 30% en cada una de las regiones de Europa y América del Norte. El 7% restante está disperso en países de tres continentes: África, Asia y Oceanía.

Los datos de las figuras 16 y 17 permiten relacionar los porcentajes de la producción y el impacto por continente. Los trabajos con mayor promedio de citas por trabajo son los realizados con la influencia de investigadores de países de Norteamérica. Los trabajos publicados con investigadores de países de Europa obtuvieron los promedios intermedios y la publicación con países de ALyC, África y Oceanía, resultaron con los factores de citación más bajos.

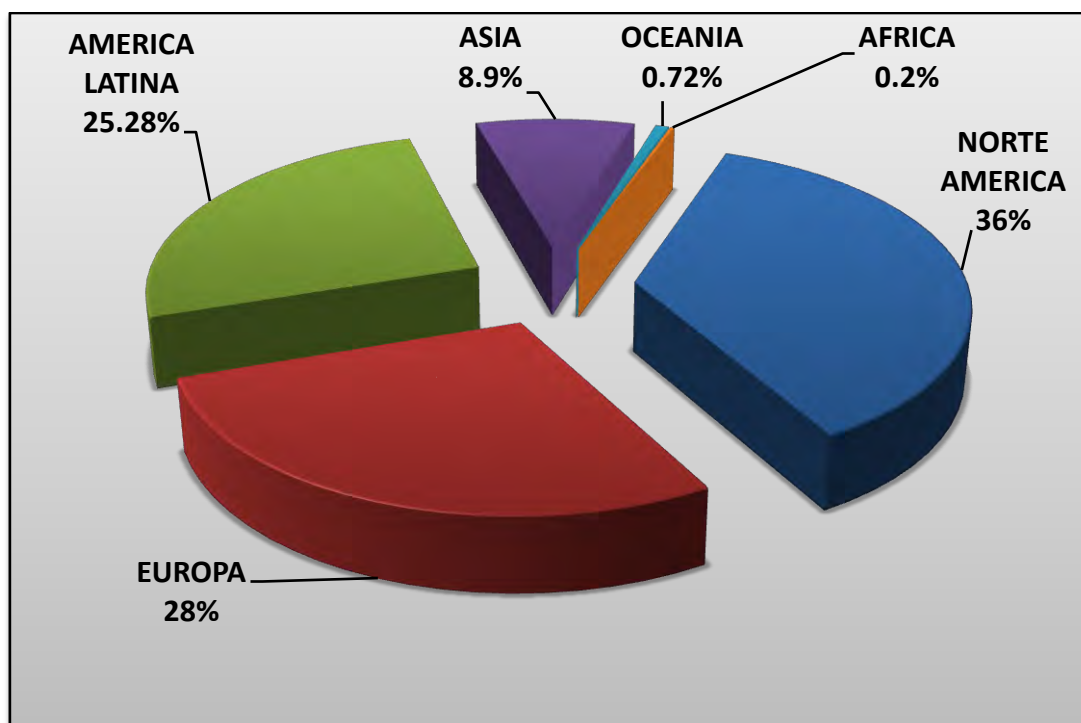


Figura 17. Colaboración científica latinoamericana en física por continente: citas, 1973-2005.

#### Colaboración sur-sur

Se identificaron 552 publicaciones realizadas entre investigadores de países de la región de ALyC. Estas aportaron un porcentaje modesto del 4% del total. La producción en estas circunstancias de colaboración generó un tejido de 2,757 relaciones entre instituciones de países de la región.

La tabla 20 incluye la colaboración entre países de ALyC. Se encuentra organizada por categorías temáticas, con el número de países participantes, el número de relaciones generadas, y los países participantes en cada caso. Las instituciones con mayor colaboración son de los países de Argentina y Brasil, incluyen colaboraciones en todas las categorías. México y Chile lo hacen en menor medida, sólo en algunas categorías. Entre las áreas temáticas preferidas se encuentran 6: (i) Física general, (II) Astronomía-astrofísica, (III) Física-partículas y campos, (iv) Física-materia condensada, (v) Física-química, y (vi) Física-atómica y molecular-química.



Los países con producción intermedia y que muestran una relación de mayor dependencia de la colaboración regional son Colombia, Ecuador, Cuba y Venezuela. Colombia aparece entre los países principales en las categorías de física general y física de partículas y campos. Cuba en los casos de física aplicada y ciencias de los materiales.

No.	Categorías	No. Países participantes	Relaciones generadas	Principales países
1	Física general	14	974	BR, MX, CO, AR
2	Astronomía-astrofísica	10	595	MX, CL, AR, BR
3	Física-partículas y campos	12	325	BR, MX, AR, CO
4	Física-materia condensada	9	165	BR, AR, CL, MX
5	Física-química	7	113	BR, AR, CL, MX
6	Física-atómica, molecular, química	10	102	BR, AR, MX, CL
7	Física nuclear	8	91	BR, AR, MX, CL
8	Geociencias general	15	70	CL, AR, MX, BR
9	Física aplicada	9	67	MX, BR, CU, AR
10	Ciencia de materiales	11	61	MX, CU, BR, AR
11	Geofísica-geoquímica	8	54	AR, CL, BR, MX
12	Física matemática	8	40	BR, AR, CL, VE
13	Meteorología & ciencias de la atmósfera	14	33	BR, AR, PE, UY
14	Física-fluidos-plasma	6	27	AR, BR, CL, MX
15	Física-geografía	9	21	BR, PE, AR, PA
16	Biofísica	4	10	CL, VE, BR, AR
17	Mecánica	2	5	BR, AR
18	Óptica	3	4	MX, AR, BR

AR (Argentina), BR (Brasil), CL (Chile), CO (Colombia), CU (Cuba), MX (México), PA (Panamá), PE (Perú), UY (Uruguay), VE (Venezuela).

Tabla 20. Colaboración científica en física entre países de ALyC por categorías temáticas: 1973-2005.

#### Modalidades de colaboración y factor de citación

En lo que respecta al factor de citación por trabajo, encontramos un patrón de citación en las modalidades de colaboración que se pueden dividir en tres grupos. (i) Los de mayor impacto: Son los casos donde participan instituciones de USA, como son: *Norte América, América-Asia, América-Europa, y Multicontinental*, con factores de citación mayores al promedio general de 36 citas por trabajo. (ii) Los de impacto intermedio. Son trabajos con participación de países europeos que obtuvieron un factor de citación de 35.9, similar al general. (iii) Los de menor citación. Son los casos donde se encuentran principalmente las modalidades de trabajos de tipo endógeno: *Local-local (sur-sur), Inter-institucional, y Regional*, así como las colaboraciones de tipo continental con participación de instituciones de países de los continentes africano, asiático, y de Oceanía. También encontramos, en menor medida, colaboraciones con instituciones de Europa y Asia, como se muestra en la figura 16.

#### Modalidades de colaboración por países

De acuerdo con los datos de la tabla 21, los países del grupo más productivo basan el 90% de su producción y visibilidad científica en 6 modalidades distintas de colaboración: (1) en una sola Institución, (2) en colaboración con países de Europa, (3) de Norteamérica, (4) de América y Europa, (5) Nacional, entre instituciones del mismo país de la región de ALyC, y (6) de latinoamericana, entre instituciones de diferentes países de estas regiones, ó Multicontinental, entre instituciones de diferentes continentes.

Brasil, Chile y México no incluyen la colaboración regional entre sus principales modalidades. Argentina incluye las tres modalidades de colaboración local: institucional, nacional y latinoamericana, en un equilibrio con las publicaciones con participación de instituciones de los países de América del Norte y Europa.

Capítulo 4. Resultados. Ciencias físicas 1973-2005

MODALIDADES DE COLABORACION	TRABAJOS TOTAL	CITAS TOTAL	FACTOR CITAS	% TRABAJOS	SUMATORIA TRABAJOS	% CITAS	SUMATORIA CITAS
<b>ARGENTINA</b>							
INSTITUCIONAL	683	21501	31.5	29.3	29.3	26.3	26.3
EUROPA	535	19792	37.0	23.0	52.3	24.2	50.4
NORTEAMERICA	340	13338	39.2	14.6	66.8	16.3	66.7
NACIONAL	324	9843	30.4	13.9	80.7	12.0	78.7
AMERICA- EUROPA	177	7305	41.3	7.6	88.3	8.9	87.7
LATINOAMERICA	114	3565	31.3	4.9	93.2	4.4	92.0
RESTANTES	158	6535	41.4	6.8	100.0	8.0	100.0
<b>BRASIL</b>							
INSTITUCIONAL	1473	42227	28.7	25.6	25.6	22.7	22.7
EUROPA	1155	39382	34.1	20.1	45.7	21.1	43.8
NORTEAMERICA	993	36157	36.4	17.3	63.0	19.4	63.2
NACIONAL	879	23467	26.7	15.3	78.3	12.6	75.8
MULTICONTINENTAL	370	14935	40.4	6.4	84.8	8.0	83.8
AMERICA-EUROPA	272	10877	40.0	4.7	89.5	5.8	89.7
RESTANTES	603	19218	31.9	10.5	100.0	10.3	100.0
<b>CHILE</b>							
NORTEAMERICA	461	24649	53.5	24.3	24.3	26.7	26.7
EUROPA	405	17240	42.6	21.4	45.7	18.7	45.4
INSTITUCIONAL	334	15631	46.8	17.6	63.3	16.9	62.3
AMERICA-EUROPA	308	13545	44.0	16.2	79.5	14.7	77.0
MULTICONTINENTAL	131	10785	82.3	6.9	86.4	11.7	88.7
NACIONAL	73	2880	39.5	3.9	90.3	3.1	91.8
RESTANTES	184	7537	41.0	9.7	100.0	8.2	100.0
<b>MEXICO</b>							
EUROPA	565	19410	34.4	22.0	22.0	20.4	20.4
NORTEAMERICA	537	24168	45.0	20.9	42.8	25.4	45.7
INSTITUCIONAL	535	19087	35.7	20.8	63.6	20.0	65.7
AMERICA-EUROPA	271	10704	39.5	10.5	74.2	11.2	77.0
NACIONAL	266	7612	28.6	10.3	84.5	8.0	85.0
MULTICONTINENTAL	138	5803	42.1	5.4	89.9	6.1	91.1
RESTANTES	260	8527	32.8	10.1	100.0	8.9	100.0

Tabla 21. Principales modalidades de colaboración científica en física en ALyC: países más productivos, 1973-2005.

Los países de Argentina, Brasil, Venezuela y Jamaica, encabezan su producción más visible con el 50% de trabajos de tipo endógeno, desarrollados

en instituciones locales, en equilibrio con publicaciones en colaboración con países del continente europeo, de la región norteamericana y, en menor medida, entre instituciones del propio país, con excepción de Jamaica que junto con Panamá y Ecuador no cuentan con trabajos en colaboración entre instituciones locales.

Del grupo de los cuatro países más productivos, Chile presenta el porcentaje de publicaciones locales o endógenas más bajo (21.5%), en comparación con el 31.2% de México, el 40.9% y 43.2% de Brasil y Argentina, respectivamente (tabla 21). Otros países como Chile, Puerto Rico, Perú, Costa Rica, y Bolivia, apoyan su producción en primer lugar con trabajos en colaboración con instituciones de USA y Canadá. Las publicaciones locales ocupan el segundo, tercero y último lugar, como ocurre, también, con los casos de Perú y Bolivia.

En los casos de México, Cuba y Uruguay se recurre, en primer lugar, a la colaboración con autores de países de Europa y de Norteamérica, excepto Cuba que, junto con Colombia, resultaron los países con menor influencia de la colaboración norteamericana. Los países de Colombia y Ecuador publican en primer lugar trabajos de colaboración de tipo multicontinental, en las áreas de física de campos y partículas elementales, principalmente, como se ve en las tablas 22 y 23.

MODALIDADES DE COLABORACIÓN	TRABAJOS TOTAL	CITAS TOTAL	FACTOR CITAS	% TRABAJOS	SUMATORIA	% CITAS	SUMATORIA
<b>VENEZUELA</b>							
INSTITUCIONAL	167	5757	34.5	30.8	30.8	26.5	26.5
NORTEAMERICA	116	5824	50.2	21.4	52.1	26.8	53.4
EUROPA	111	4118	37.1	20.4	72.6	19.0	72.3
NACIONAL	41	1109	27.0	7.6	80.1	5.1	77.5
AMERICA-EUROPA	40	2417	60.4	7.4	87.5	11.1	88.6
LATINOAMERICA	26	722	27.8	4.8	92.3	3.3	91.9
RESTANTES	42	1752	41.7	7.7	100.0	8.1	100.0
<b>PUERTO RICO</b>							
NORTEAMERICA	91	4774	52.5	38.6	38.6	41.0	41.0

INSTITUCIONAL	43	2254	52.4	18.2	56.8	19.3	60.3
EUROPA	29	1588	54.8	12.3	69.1	13.6	73.9
AMERICA-EUROPA	21	971	46.2	8.9	78.0	8.3	82.2
ASIA	17	609	35.8	7.2	85.2	5.2	87.5
MULTICONTINENTAL	12	398	33.2	5.1	90.3	3.4	90.9
RESTANTES	23	1064	46.3	9.7	100.0	9.1	100.0
<b>COLOMBIA</b>							
MULTICONTINENTAL	51	2715	53.2	37.5	37.5	49.0	49.0
EUROPA	34	1159	34.1	25.0	62.5	20.9	70.0
INSTITUCIONAL	14	473	33.8	10.3	72.8	8.5	78.5
LATINOAMERICA	9	256	28.4	6.6	79.4	4.6	83.1
AMERICA-EUROPA	7	314	44.9	5.1	84.6	5.7	88.8
NORTEAMERICA	7	293	41.9	5.1	89.7	5.3	94.1
RESTANTES	14	327	23.4	10.3	100.0	5.9	100.0
<b>CUBA</b>							
EUROPA	79	1744	22.1	44.4	44.4	48.9	48.9
LATINOAMERICA	39	744	19.1	21.9	66.3	20.8	69.7
INSTITUCIONAL	27	443	16.4	15.2	81.5	12.4	82.1
NORTEAMERICA	10	194	19.4	5.6	87.1	5.4	87.6
NACIONAL	10	165	16.5	5.6	92.7	4.6	92.2
ASIA	8	144	18.0	4.5	97.2	4.0	96.2
RESTANTES	5	135	27.0	2.8	100.0	3.8	100.0

Tabla 22. Principales modalidades de colaboración científica en física en ALyC: países con producción intermedia, 1973-2005.

En términos generales, los factores de citación más alto se encuentran en los países y las modalidades de colaboración que incluyen en primer lugar instituciones de USA, como lo muestran los casos de Chile, Puerto Rico, Perú, Costa Rica y Bolivia, así como en la modalidad *multicontinental*.

Los países con mejores factores de citación en trabajos de tipo local-*endógeno* son: Chile, Puerto Rico, Costa Rica y Jamaica, con promedios por arriba del promedio general de 36.7 citas por trabajo. En contraste con los factores de citación obtenidos por Cuba en las distintas modalidades, que se encuentran entre los más bajos (tabla 22).

Capítulo 4. Resultados. Ciencias físicas 1973-2005

MODALIDADES DE COLABORACIÓN	TRABAJOS	CITAS	FACTOR CITAS	% TRAB	SUMATORIA	% CITAS	SUMATORIA
<b>PERU</b>							
NORTEAMERICA	30	1368	45.6	39.5	39.5	36.1	36.1
EUROPA	15	789	52.6	19.7	59.2	20.8	56.9
AMERICA-EUROPA	9	511	56.8	11.8	71.1	13.5	70.4
LATINOAMERICA	6	232	38.7	7.9	78.9	6.1	76.5
EUROPA-ASIA	3	122	40.7	3.9	82.9	3.2	79.8
ASIA	3	173	57.7	3.9	86.8	4.6	84.3
MULTICONTINENTAL	3	127	42.3	3.9	90.8	3.4	87.7
RESTANTES	7	467	66.7	9.2	100.0	12.3	100.0
<b>URUGUAY</b>							
EUROPA	20	715	35.8	32.3	32.3	30.9	30.9
NORTEAMERICA	18	617	34.3	29.0	61.3	26.6	57.5
INSTITUCIONAL	8	295	36.9	12.9	74.2	12.7	70.2
AMERICA-EUROPA	4	143	35.8	6.5	80.6	6.2	76.4
ASIA	4	278	69.5	6.5	87.1	12.0	88.4
LATINOAMERICA	4	91	22.8	6.5	93.5	3.9	92.3
NACIONAL	3	125	41.7	4.8	98.4	5.4	97.7
MULTICONTINENTAL	1	53	53.0	1.6	100.0	2.3	100.0
<b>ECUADOR</b>							
MULTICONTINENTAL	15	459	30.6	39.5	39.5	33.0	33.0
EUROPA	9	245	27.2	23.7	63.2	17.6	50.6
NORTEAMERICA	7	415	59.3	18.4	81.6	29.8	80.4
INSTITUCIONAL	4	163	40.8	10.5	92.1	11.7	92.1
LATINOAMERICA	2	84	42.0	5.3	97.4	6.0	98.1
OTROS	1	26	26.0	2.6	100.0	1.9	100.0
<b>COSTA RICA</b>							
NORTEAMERICA	11	462	42.0	36.7	36.7	34.2	34.2
INSTITUCIONAL	7	364	52.0	23.3	60.0	26.9	61.1
EUROPA	5	170	34.0	16.7	76.7	12.6	73.7
AMERICA-EUROPA	3	194	64.7	10.0	86.7	14.4	88.1
AMERICA-ASIA	2	67	33.5	6.7	93.3	5.0	93.0
LATINOAMERICA	1	42	42.0	3.3	96.7	3.1	96.2
NACIONAL	1	52	52.0	3.3	100.0	3.8	100.0
<b>BOLIVIA</b>							
NORTEAMERICA	11	406	36.9	40.7	40.7	35.1	35.1
EUROPA	9	458	50.9	33.3	74.1	39.6	74.6
AMERICA-EUROPA	2	69	34.5	7.4	81.5	6.0	80.6
NACIONAL	2	79	39.5	7.4	88.9	6.8	87.4
EUROPA-ASIA	1	31	31.0	3.7	92.6	2.7	90.1
OTROS	1	54	54.0	3.7	96.3	4.7	94.7
INSTITUCIONAL	1	61	61.0	3.7	100.0	5.3	100.0

JAMAICA							
INSTITUCIONAL	10	389	38.9	38.5	38.5	36.2	36.2
OTROS	8	407	50.9	30.8	69.2	37.9	74.0
NORTEAMERICA	4	151	37.8	15.4	84.6	14.0	88.1
EUROPA	2	63	31.5	7.7	92.3	5.9	94.0
MULTICONTINENTAL	1	35	35.0	3.8	96.2	3.3	97.2
OCEANIA	1	30	30.0	3.8	100.0	2.8	100.0
TRIN Y TOBAGO							
AMERICA-EUROPA	11	283	25.7	34.4	34.4	36.5	36.5
NORTEAMERICA	7	180	25.7	21.9	56.3	23.2	59.7
EUROPA	7	173	24.7	21.9	78.1	22.3	82.1
INSTITUCIONAL	6	122	20.3	18.8	96.9	15.7	97.8
NACIONAL	1	17	17.0	3.1	100.0	2.2	100.0
PANAMA							
AMERICA-EUROPA	4	314	78.5	30.8	30.8	28.3	28.3
NORTEAMERICA	4	373	93.3	30.8	61.5	33.6	61.8
OTROS	3	323	107.7	23.1	84.6	29.1	90.9
EUROPA	1	49	49.0	7.7	92.3	4.4	95.3
INSTITUCIONAL	1	52	52.0	7.7	100.0	4.7	100.0

Tabla 23. Modalidades de colaboración científica en física en ALyC: países menos productivos, 1973-2005.

Generalmente, los países con menor producción presentan mayor dependencia de la colaboración con autores e instituciones de países externos a la región de ALyC, y menor capacidad para producir trabajos localmente. Esta situación se refleja en los países pertenecientes al grupo 3 (tabla 23). En promedio el 80 % de la producción de estos países cuenta con la colaboración de por lo menos un autor con adscripción a una institución de un país externo a la región de ALyC, los casos más representativos de esta situación son Perú, Uruguay, Ecuador, Bolivia, Panamá, Trinidad y Tobago. Aunque la mayoría de estos países dependen de la colaboración con países de Europa y Norteamérica, en las distintas combinaciones analizadas, también incluyen, de manera moderada, las relaciones de colaboración con autores e instituciones de países del continente asiático, como se muestra en la tabla 23, principalmente en los casos de Perú, Uruguay, Costa Rica y Bolivia.

Esfuerzo endógeno e influencia exógena

De acuerdo con el concepto denominado esfuerzo endógeno, las tres modalidades de investigación desarrolladas en la región de ALyC: local-local, inter-institucional, y regional de América Latina, y por otro lado, a los trabajos y las citas resultantes de las prácticas de investigación que incluyen por lo menos una institución de un país externo a la región mencionada, como producción y citación con influencia exógena; tenemos como resultado la distribución de la información mostrada en la tabla 24.

Grupos	Países	% Producción Local-endógena	% Producción Local-exógena	% Citación Local-endógena	% Citación Local-exógena
1	Argentina	48.1	51.9	42.7	57.3
1	Brasil	44.0	56.0	37.8	62.2
1	Chile	25.3	74.7	22.8	77.2
1	México	34.8	65.2	31.2	68.8
2	Venezuela	43.2	56.8	34.9	65.1
2	Puerto Rico	24.2	75.8	24.1	75.9
2	Colombia	31.1	68.9	14.8	85.2
2	Cuba	42.7	57.3	37.8	62.2
3	Perú	11.8	88.2	13.4	86.6
3	Uruguay	24.2	75.8	22.0	78.0
3	Ecuador	16.3	83.7	17.7	82.3
3	Costa Rica	30.0	70.0	33.8	66.2
3	Bolivia	11.1	88.9	12.1	87.9
3	Jamaica	38.5	61.5	36.2	63.8
3	Trin y Tobago	21.9	78.1	17.9	82.1
3	Panamá	7.7	92.3	4.7	95.3
4	Otros	19.3	80.7	11.3	88.7

Tabla 24. Producción y citación en física en ALyC por país: trabajos local-endógenos y local-exógenos, 1973-2005.



En total, la producción y las citas resultantes del esfuerzo endógeno representan el 39% y 33%, respectivamente, y el 61% y 67% corresponden a los trabajos con influencia exógena. En términos generales, esta distribución plantea varias consideraciones: (i) que tanto la producción resultante de esfuerzos endógenos como los de influencia exógena son complementarios; (ii) que los trabajos endógenos le representan a los investigadores y las instituciones de la región un impacto ligeramente menor en comparación con los trabajos con influencia exógena; (iii) que la producción endógena es un importante indicador de consolidación de la capacidad e independencia de los investigadores, las instituciones y los países para generar conocimiento relevantes desde las circunstancias de los contextos locales y con reconocimiento en la comunidad internacional, y (iv) que sería deseable que los países de la región mostraran un crecimiento de la producción e impacto con una tendencia de crecimiento hacia el equilibrio entre las publicaciones endógenas y con influencia exógena.

Argentina, Brasil, Venezuela y Cuba, con porcentajes de publicaciones endógenas por arriba del 40%, resultaron los casos que más se acercan a una relación uno a uno entre la producción endógena y exógena. En los casos de México y Chile esta relación es de uno a dos y de uno a tres trabajos, respectivamente. En el resto de los países la distancia entre publicaciones endógenas y exógenas se incrementa en proporciones mayores hasta de ocho trabajos a uno, principalmente en los países con menor capacidad de producción, como se ve en la tabla 24.

En lo que respecta a los factores de citación, las diferencias de porcentajes entre el esfuerzo endógeno y la influencia exógena son mayores en comparación con el caso de la producción. Los países que cuentan con mejor proporción de citas endógenas con respecto al total son: Argentina, Brasil, Venezuela, Cuba y Jamaica, que obtuvieron un citación endógena mayor a la aportación promedio general de 36.7%. Lo anterior se debe principalmente a que encabezan su producción con publicaciones realizadas en

instituciones locales, y no tanto a los factores de citación logrados por los trabajos endógenos; como ocurre con los países que cuentan con un promedio mayor a 40 citas para trabajos endógenos, como son: Chile, Puerto Rico, Colombia, Perú y Bolivia, pero que debido a que representan porcentajes muy bajos con respecto al total de publicaciones del país, han influido poco en el equilibrio entre los porcentajes de la citación hecha a los trabajos endógenos y con influencia exógena.

### **Evolución de las modalidades de colaboración**

Las figuras 18 y 19, presentan las tendencias de crecimiento de las modalidades de colaboración en el periodo 1973-2005. Los decrementos de las tendencias de crecimiento en ambas figuras en el periodo final del estudio, principalmente a partir de los años 1998-1999, se debe a que la recuperación de información se realizó en los primeros meses del año 2006, durante el cuatrimestre enero-abril. Para ese momento los trabajos publicados en los años más cercanos al 2006, por ejemplo del periodo 2000-2005 habían acumulado pocas citas. Por ejemplo, del total de 13,956 trabajos, solamente tres corresponden al año 2005, y del año 2004 al 1999 se incrementaron de 102 a 956 trabajos, que es el valor anual más alto del periodo estudiado. Esto quiere decir que los trabajos en física tardan un promedio de seis años en alcanzar su mejor nivel de citación acumulada.

Las figuras 18 y 19, presentan en gráficas de series anuales, las dinámicas de crecimiento de la producción dividida en dos circunstancias de realización: (i) local-endógena y (ii) local-exógena. Los trabajos endógenos marcaron el patrón general de crecimiento durante las décadas de los años 70 y 80, caracterizado por una matriz institucional de producción de conocimientos sur-sur, que incluye principalmente instituciones de países de la región y, en segundo lugar, por una matriz de producción sur-norte; que son las publicaciones locales que incluyen la colaboración de instituciones de Norteamérica, principalmente de USA, con pocas relaciones de producción

fuera de estas regiones. Bajo esta forma de organización la producción se estabilizó durante los años 80.

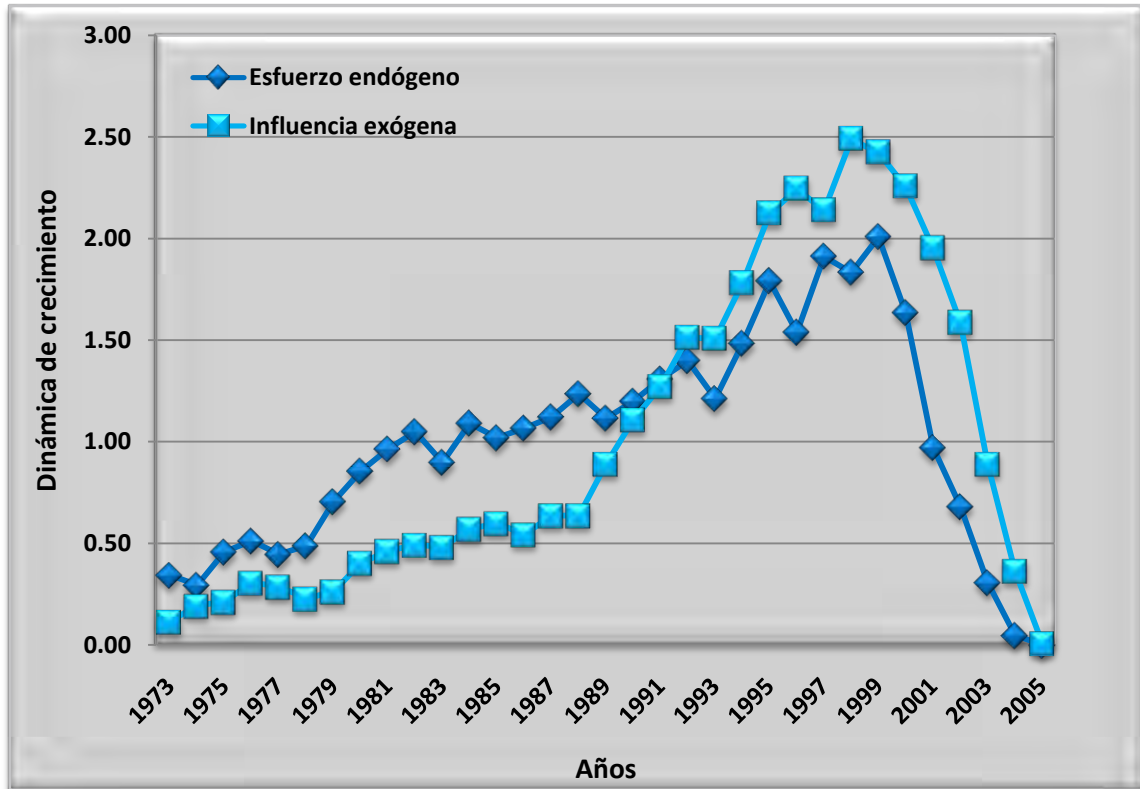


Figura 18. Dinámica de evolución de la producción en física en ALyC por tipo de influencia: 1973-2005.

La información de la figura 18 registra un evento significativo a principios de los años 90. Se incrementó la producción con influencia externa, con una nueva tendencia de crecimiento que rebasó la dinámica de evolución de la producción local-endógena. Se inició un periodo de diversificación de las modalidades de colaboración, tal como se muestra en la figura 19, con una división de cuatro formas de producción: (i) local-endógena, (ii) con Norteamérica, (iii) con Europa, y (iv) multicontinental o multi-institucional. Además de los niveles tradicionales de producción en las formas de colaboración sur-sur y sur-norte, Latinoamérica intensificó la producción con países de Europa y distintos países (Brasil, México, Chile, Colombia y Ecuador, principalmente) iniciaron su participación en proyectos multi-continetales y

multi-institucionales, logrando en varios casos, mayores niveles de producción en comparación con las modalidades tradicionales, como se puede apreciar en la gráfica de producción. Al final del estudio las formas de colaboración más productivas fueron con instituciones de investigación con sede en los países europeos y en proyectos multi-institucionales.

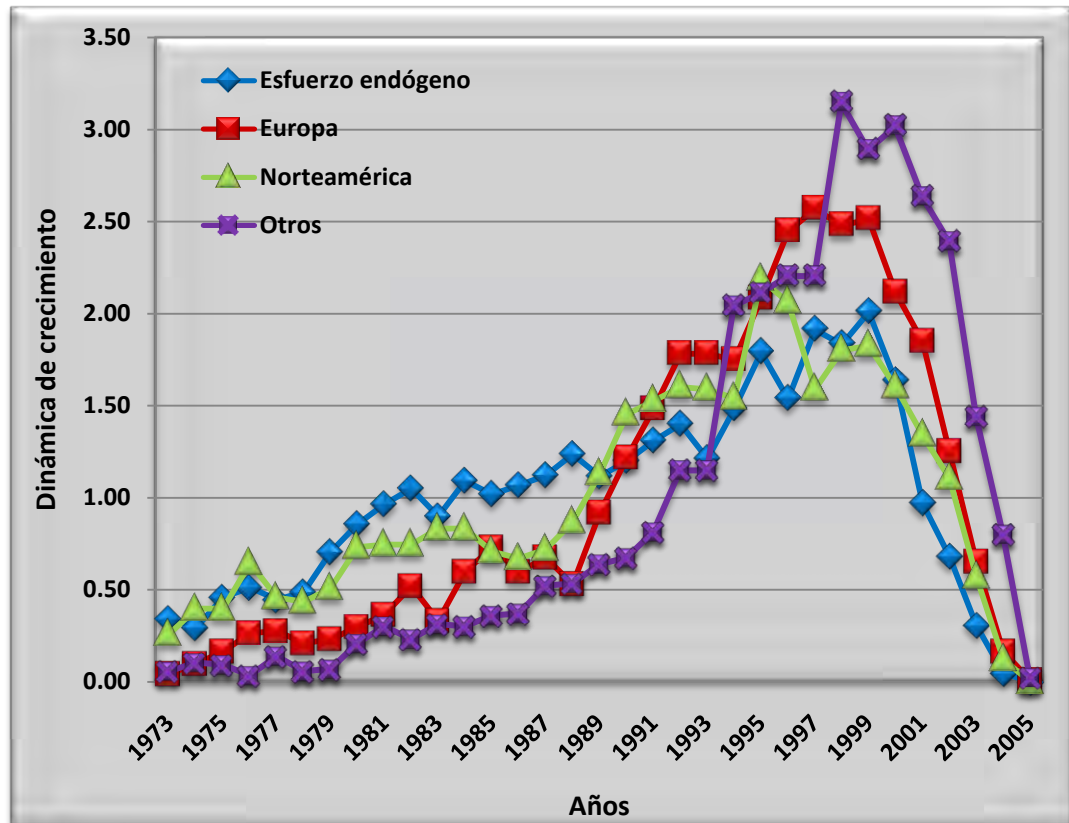


Figura 19. Dinámica de evolución de las modalidades de colaboración en física en ALyC: 1973-2005.

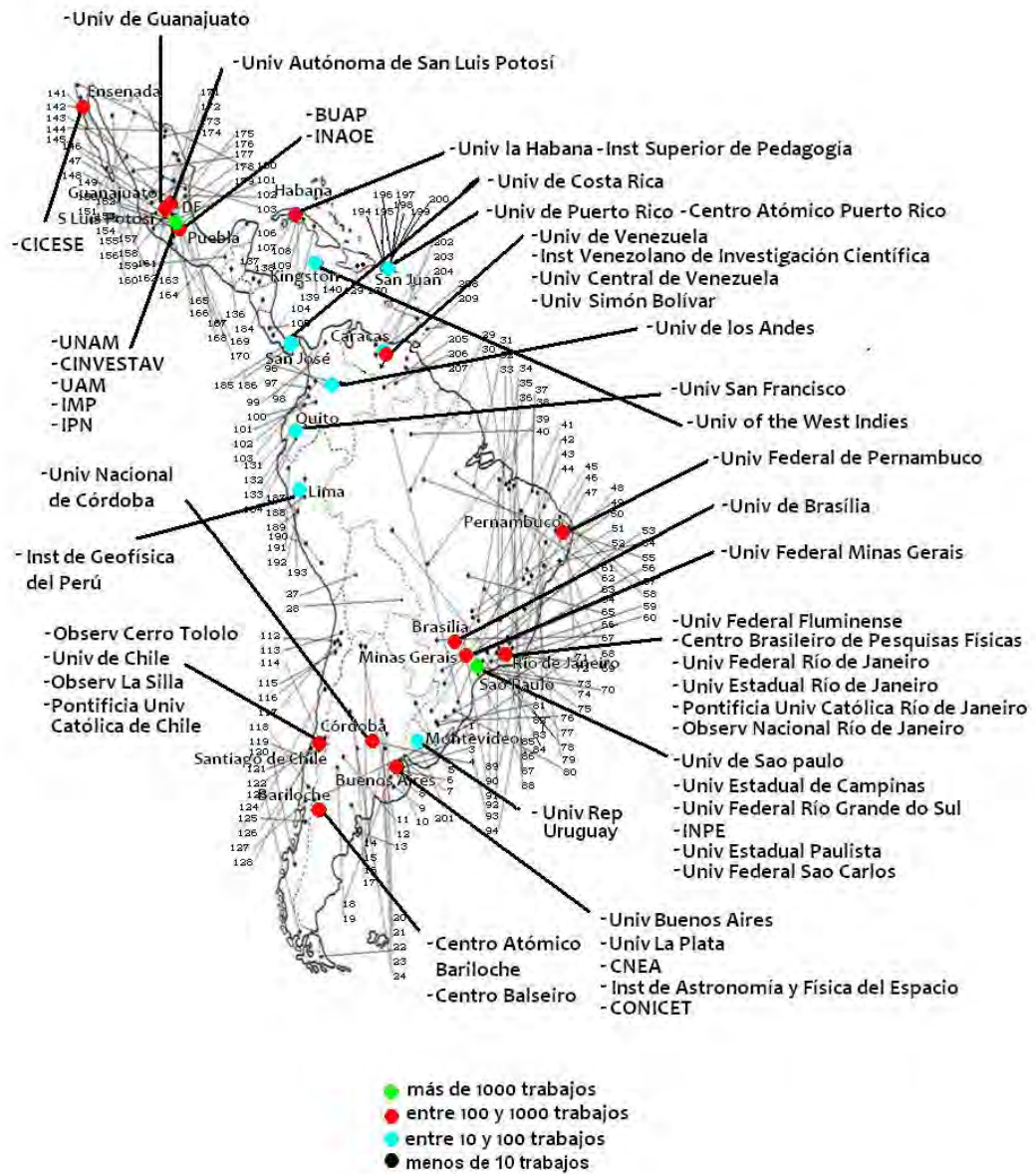
La producción científica latinoamericana en física ha desarrollado, a través de las relaciones de colaboración científica, una geografía universal de múltiples centros de influencias científicas, que como hemos visto incluye distintas regiones geográficas de intercambio, que cambian de intensidad y los niveles de producción con el tiempo, pero que todas han sido importantes en la conformación de la estructura general de producción.

Por ejemplo, los trabajos desarrollados en las circunstancias y la estructura geográfica regional, que aunque no lograron el mismo nivel de crecimiento de la región europea y la modalidad multi-continental, del final del periodo, lograron mantener su ritmo tradicional de aportación de la tercera parte de la producción total, considerada como relevante.

### **Geografía emergente de prácticas científicas en física**

La figura 20 presenta la distribución geográfica de las prácticas científicas modernas en física en ALyC. En esta figura, las líneas más densas, relacionan los nombres de las instituciones con la ubicación geográfica de las ciudades sedes. Las relaciones diferenciadas por colores, sólo incluyen las instituciones más productivas y en algunos casos las más representativas de un país. Los nodos de color verde, rojo y azul indican mayores niveles de producción, capacidades de acumulación de capital científico, así como de responsabilidad en la producción de conocimientos en la región. Por otro lado, las líneas más tenues relacionan la mayoría de las ciudades y las instituciones restantes, con niveles bajos de producción y capital científico acumulado y sin color. Estas conforman las periferias de los centros identificados con nodos de color. Cada relación, ciudad-institución, tiene un número entre el 1 y 208, que corresponden a las claves de las ciudades listadas en el Anexo 2. Esta configuración de colores y tonalidades de las relaciones, muestra un patrón de organización de centros y periferias, que aquí denominamos como la geografía emergente de prácticas científicas modernas en física en ALyC, desarrolladas durante la primera mitad del siglo XX.

El concepto de geografía emergente de prácticas científicas está asociado también con los retos emergentes que estas prácticas enfrentan en el mediano plazo en la región: mantener la tendencia de crecimiento de la producción de conocimientos en física, desarrollar programas de investigación bajo el concepto de investigación sustentable y buscar el equilibrio entre la producción apoyada en esfuerzos de tipo endógeno y en las modalidades de colaboración internacional, como mecanismos de flujo de la influencia exógena.



Los nombres y abreviaturas de las instituciones se encuentran en el Anexo 4.

Figura 20. Distribución geográfica latinoamericana de capacidades científicas para producir conocimientos relevantes internacionalmente en física: 1973-2005.

En los retos de la ciencia física en Latinoamérica, las instituciones y comunidades relacionadas con los colores verdes, rojos y azules, identificadas como centros de excelencia, tienen una mayor responsabilidad en mantener la continuidad de la dinámica de las relaciones entre los centros y las periferias. El fortalecimiento de las periferias como una vía para incrementar el número de centros de excelencia y conformar nuevas geografías de prácticas científicas en las regiones.

## Capítulo 5. Discusión

### Aspectos generales

La aportación de esta investigación, se encuentra tanto en el modelo desarrollado para el análisis, como en los resultados obtenidos. Encontramos distintos aspectos que son de interés en los ámbitos académico, de investigación y de aplicación de los resultados.

En primer lugar, el modelo teórico conceptual utiliza de acuerdo con la figuras 1-5, un enfoque multidisciplinario, con recursos historiográficos, de sociología de la ciencia y bibliométricos. Emplea recursos teóricos de la semiótica, la intertextualidad referencial, las teorías sociológicas sobre la construcción de sentido y sobre la conformación de los campos y comunidades de investigación. Esta complementación de recursos como estructura de razonamiento, utilizados para mostrar la construcción conceptual de la visibilidad internacional, en el ámbito de la comunicación científica, son planteamientos teóricos y, por lo mismo, son aspectos que están abiertos a la discusión académica. En este sentido, el modelo teórico conceptual (figuras 4-5) contribuye con un marco de referencia teórico a los aspectos de enseñanza de la bibliotecología y los estudios de la información.

En segundo lugar, el modelo utiliza un enfoque metodológico multidisciplinario (figura 9). Incluye categorías de análisis combinadas con el desarrollo de indicadores historiográficos, de contextualización y bibliométricos. Estos recursos pueden ser utilizados en programas de investigación, como metodología de análisis, para estudiar los casos de otras disciplinas de las ciencias exactas, naturales o biomédicas en ALyC.

En tercer lugar, se identificó una geografía emergente de prácticas científicas, distribuidas en el norte, el centro, el sur de América Latina y el Caribe. Esta distribución de capacidades para reproducir conocimientos relevantes e institucionalizar prácticas científicas, en cientos de lugares, se ha desarrollado, principalmente, durante la segunda mitad del siglo XX. ¿Cómo



mantener la continuidad de este crecimiento y aprovechar las capacidades arraigadas a lo largo de las regiones? Estos resultados son de utilidad para propósitos de toma de decisiones y desarrollo de políticas en materia de ciencia y tecnología.

### **Acerca de los resultados**

El enfoque multidisciplinario adoptado incluye además de los aspectos histórico-bibliométricos, resultados de la evolución de la producción e impacto científico durante un espacio largo de tiempo, que abarca información de periodos correspondientes a cuatro décadas distintas. Esta forma de documentar los resultados incrementa la confianza en los mismos y permite identificar distintas ventajas al compararlos con indicadores desarrollados periódicamente con base en el modelo internacional dominante.

La visibilidad internacional, entendida a partir únicamente de la perspectiva que le confiere la bibliometría, como parte del modelo internacional dominante de análisis, es sinónimo de impacto o repercusión científica, donde las citas se utilizan, principalmente, con un carácter utilitario, como unidad principal de análisis en programas de evaluación, orientados a construir prestigios individuales con criterios que ponderan, permanentemente, los autores, las revistas, e instituciones de los países más desarrollados. La mayoría de las teorías y metodologías que sustentan estos estudios, resultan limitados como herramientas de análisis de los procesos de emergencia y evolución de la visibilidad internacional, en los países en vías de desarrollo.

El método de análisis utilizado y los resultados obtenidos, muestran la visibilidad internacional en la física en ALyC, como un componente histórico e inseparable de la evolución de las prácticas científicas. Tiene su génesis y evolución histórica en la intertextualidad referencial propia del texto escrito. Esto significa que forma parte de los elementos argumentativos que distinguen el texto científico de otros géneros literarios. Se construye conceptualmente en los contextos donde emergen prácticas científicas modernas y su significancia

se incrementa a través de distintos procesos como se muestra en los resultados de este estudio. Para ello, el método recurre a una resignificación de la visibilidad internacional como un concepto más complejo; como un evento que surge en los procesos de emergencia e institucionalización del quehacer científico y que es posible documentar a través de las distintas estructuras de interacciones generadas, entre los actores sociales de la ciencia, y las estructuras de relaciones en el ámbito de la comunicación científica.

En primer lugar, la metodología utiliza criterios incluyentes que permite la representación de la mayoría de los países de ALyC. Los indicadores diferenciados por distintos intervalos de producción y citación, son aspectos sensibles a las diferentes capacidades de producción y niveles de citación de los países de la región. Estos criterios permitieron obtener como resultado una importante diversificación geográfica de las prácticas científicas por países, ciudades e instituciones de la región.

En segundo lugar, los resultados muestran de manera importante una capacidad de las comunidades científicas para producir todo tipo de trabajos, incluyendo los relevantes. Se identificaron investigaciones desarrolladas tanto en forma individual (independiente) como en colaboración, a lo largo de todo el periodo estudiado. Los indicadores de autoría incluyen publicaciones en todas las modalidades. En forma individual, en coautoría o en multiautoría, así como en los distintos tipos de colaboración: en contexto sur-sur, que involucra conocimientos y recursos de instituciones con sede en los países de la regiones de ALyC; en contexto sur-norte que incluye la influencia de autores e instituciones de USA y Canadá, así como en relaciones continentales o multicontinentales, cuando incluye la influencia de autores e instituciones con sede en países de uno más continentes. Bajo este modelo la aportación de conocimientos relevantes a la física internacional, en términos del número de citas, desde las circunstancias del contexto de ALyC, suman varios miles y no pueden ser considerados como casos excepcionales. Son resultado de capacidades institucionalizadas, formas de organización y construcción de autoridad académica y de investigación, ambas avaladas en la comunidad internacional de pares. En este sentido, la continuidad de estas condiciones, es

garantía para mantener la producción de aportaciones relevantes a los paradigmas de la física mundial. Sin embargo, el incremento de la producción y el número de citas, al grado de permitir, que los países, las ciudades, las entidades y los actores de la actividad científica de ALyC, asciendan, a los prestigios y los rankings internacionales de la ciencia, establecidos de acuerdo con los criterios del modelo dominante (*Journal Citation Reports*, *Essential Science Indicators*, e *ISI HiglyCited.com*), depende de otros factores relacionados con las circunstancias en las que operan los grupos de investigación, como son: el tamaño de las comunidades de investigación; la escasez de recursos de financiamiento; la carencia de revistas científicas locales; laboratorios e instrumental científico limitados; falta de instituciones, programas y plazas para contratar investigadores y personal de apoyo. Los requerimientos para poder competir, en valores absolutos, con los indicadores de los países y las regiones más productivas, implican incrementos de órdenes de magnitud, en recursos humanos, materiales y financieros. Aspectos que ninguna economía de la región está en posibilidades de soportar y mantener de manera sostenida. La mayoría de los países de la región presentan problemas para incrementar la proporción de su producto interno bruto dedicado al financiamiento de la ciencia. En términos generales, salvo algunas excepciones, no existe una correlación positiva entre las tendencias de crecimiento de la producción científica y los montos de los recursos financieros. De esta manera, en la actualidad, el reto más importante a mediano plazo, para los países de ALyC, es mantener la dinámica de crecimiento de la producción científica que los ha caracterizado, en las últimas décadas del siglo XX y la primera del siglo XXI. Los países más productivos, como son Brasil y México, están más cerca de entrar, a mediano plazo, en una etapa de estabilización en su tendencia histórica de crecimiento, como ya ocurrió con Argentina, que en duplicar su porcentaje de aportación a la ciencia internacional.

Tercero. Los resultados muestran que cuando las prácticas científicas encuentran condiciones estables para un desarrollo mantenido, se desarrollan capacidades para replicar procesos de institucionalización de prácticas científicas y dar lugar a nuevas geografías de producción de conocimientos. La organización social de la física, concentra más del 90% de las instituciones en

el sector académico y el resto en los sectores gubernamental e industrial. Incluye universidades, centros e institutos de investigación, laboratorios, observatorios, secretarías de estado, museos, sociedades científicas e industrias. Con diferentes estructuras organizacionales que incluyen dependencias con distintos nombres: departamentos, facultades, escuelas, programas de investigación, comisiones o direcciones generales y entidades de servicios meteorológicos, geológicos y sismológicos.

Las diversas actividades relacionadas con las prácticas de producción y difusión de conocimientos científicos, de estas instituciones, han desarrollado en las ciudades y regiones sede, geografías favorables para el desarrollo de interacciones entre los ámbitos científico, político y social, así como para el flujo de la comunicación de conocimientos e intercambio de ideas. Estos aspectos actúan en los espacios académico y social como mecanismos de negociación o vías para diversificar los espacios para el desarrollo de prácticas de investigación, a través de la gestación de nuevos grupos y programas de investigación en sedes institucionales y geografías distintas. El caso de la UNAM, mostrado en la tabla 17, es un ejemplo. Se consolidó en el Distrito Federal y se ha diversificado en 62 dependencias dentro de la propia institución, con grupos de investigación y producción en ciudades distintas al DF, como es el caso de Cuernavaca, Morelia, Ensenada, Baja California, y Temixco. Este mismo aspecto se ha identificado, en otros trabajos (Luna Morales, 2010), como un proceso de desconcentración iniciado a principios de la década de los años 90.

Estas formas y estructuras de organización insertas en alguna medida en la actividad social, económica y cultural, de las ciudades, se han reproducido en la mayoría de los países, dando lugar a un esquema dinámico de formación de instituciones de excelencia. Algunas de éstas se desarrollan y actúan como centros de excelencia en la producción de conocimientos en una región o país. En estos lugares, promueven el desarrollo de grupos de investigación en otras instituciones, en algunos casos a través de la desconcentración de la investigación de grupos o comunidades especializadas, mismos que actúan, durante sus procesos de institucionalización de las

prácticas científicas, como entidades periféricas a estos centros. Estas relaciones dinámicas de centro-periferia se muestran en las distintas redes de relaciones geográficas entre ciudades e instituciones de cada país, así como en el mapa (figura 20), que muestra la geografía emergente de prácticas científicas relevantes en física, durante la primera mitad del siglo XX. Se trata de una diversificación de 597 instituciones y dependencias de adscripción de los autores, con participación en al menos un trabajo relevante. Distribuidas en 208 ciudades con sede en 22 países del Norte, Centroamérica, Sudamérica y el Caribe. Es una distribución geográfica de capacidades con distintos niveles de consolidación. Estas características asumen formas de organización con variantes en los distintos países, en los más avanzados alcanzan formas, presumiblemente, con dinámicas de auto-organización, que son garantía para la continuidad en la producción de conocimientos en el área y en la reproducción de grupos de investigación en estas regiones. En la mayoría de los países y las instituciones, encontramos relaciones positivas entre las capacidades de los grupos de investigación para producir conocimientos y para auto-reproducirse en nuevos grupos de investigación en las condiciones del contexto local.

En cuarto lugar, las comunidades locales de investigación recrearon sus formas de organización, dependientes permanentemente de circunstancias internas y externas. Esta idea central, también incluye la visibilidad internacional, como un proceso de co-construcción permanente entre dos circunstancias, una global y otra local, evitando así reducir el análisis y la discusión a partir de ponderar alguna de estas característica sobre la otra

### **Acerca del modelo teórico**

La propuesta novedosa del modelo, está en la complementación de los recursos teórico-metodológicos utilizados para articular la explicación del proceso de complejización del concepto de visibilidad científica de acuerdo con dos triadas de tres niveles semióticos de instanciación: signo, objeto e

interpretante, tal como se explica en el texto alusivo al modelo de las figuras, 1, 2, 3, 4 y 5.

La primera triada (figura 4) tiene su utilidad como herramienta de análisis en el terreno de la investigación historiográfica, particularmente para identificar la presencia de marcas del código canónico de la publicación científica como componentes de prácticas científicas emergentes en tradiciones científicas locales, que cuentan con estructuras de argumentación y contenidos distintos al código IMRD (introducción, métodos, resultados y discusión), publicados en fuentes e idioma de difusión local, fuera de la cobertura de las publicaciones consideradas para ser difundidas en los índices bibliográficos de la ciencia internacional. La aplicación de esta triada está limitada al análisis de la literatura y manejo de los elementos identificados en el código IMRD y puede ser utilizada en las áreas de investigación que tienen como tipo de publicación principal el reporte científico. En este sentido amplio, se puede utilizar en la mayoría de las disciplinas de las ciencias exactas y naturales. Además de que los resultados obtenidos con esta primera triada reproducen en gran medida los conceptos del modelo dominante.

En la segunda triada (figura 5) no ocurre lo mismo. Aunque utiliza los mismos recursos de información empírica, base del modelo dominante, recurre a una articulación teórica distinta a la del modelo tradicional y los resultados no necesariamente lo reproducen. En este sentido, se considera que la aportación importante de la segunda triada de análisis, además de los resultados obtenidos, está en el interés que este trabajo pueda despertar como un tema para el debate académico.

### **Perspectiva de la intertextualidad referencial**

De acuerdo con la teoría de la intertextualidad referencial (Haberer, 2007), los textos dialogan entre sí (Durañona, *et al.*, 2006), en la medida que remiten, en distinto grado y forma, a otros textos ya sea de forma explícita e implícita. Este mencionado diálogo entre textos se presenta con un alto grado

de intensidad funcional, en las prácticas de construcción de los textos científicos, como una característica propia del estilo argumentativo del género científico (Bazerman, 1993). Así una realización textual ha de entenderse como un espacio abierto, de interacción y diálogo en el que pueden cruzarse argumentos, estructuras, temas o referencias entrecruzadas.

Los 13,956 trabajos relevantes, generados en la física latinoamericana, dieron lugar a la conformación, en los contextos locales, de estructuras de diferente tipo: relaciones interpersonales, temáticas, conceptuales, de citación, comunicación y de colaboración científica. Estas estructuras dan cuenta del proceso de conformación de los diferentes campos académicos y de investigación en las ciencias físicas y sus procesos de arraigo en los contextos locales, que se pueden estudiar como temas específicos. Participaron 28,544 autores, adscritos a 3,275 instituciones que se encuentran dispersas en 96 países: 22 corresponden a las regiones de América Latina y el Caribe, y 74 a diferentes continentes: África, Asia, Europa, Norteamérica y Oceanía. Los autores acumularon un total de 179,091 participaciones y las instituciones 59,104, con un *índice de coautoría* de 4.8 autores (tabla 12) y colaboración de 4 instituciones, por cada trabajo.

Desde la perspectiva de la intertextualidad mencionada, como un tejido de diferentes universos socioculturales, cada manifestación textual, entendida como unidad de comunicación en la ciencia, deja de percibirse como una creación aislada. Nadie tiene la autoridad total sobre el significado de los textos (Haberer, 2007), éstos han de ser entendidos a partir del modo en que interaccionan, contradicen, influyen, de modo diverso con otras publicaciones (Durañona, *et al.*, 2006). Los textos como resultado de una compleja combinación de circunstancias, contruidos sobre una realidad histórica y sociocultural. Sin dejar de reconocer que cada manifestación cuenta con sus propios distintivos formales que compiten por manifestarse individualmente en el campo de su especialidad.

Esta actividad colectiva de co-participación de autores e instituciones en cada trabajo, ha dado lugar a la conformación de diferentes estructuras

sociales de interacción, acumuladas en el tiempo. Por ejemplo, la participación de las 3,275 instituciones y los 28,544 autores, actuando como nodos, forman parte de la red que acumula los conocimientos y recursos existentes a nivel internacional en las ciencias de la física, situación que dio lugar, por un lado, a un tejido de 55,888 relaciones entre instituciones de la región latinoamericana y de otros continentes y, por otro lado, a una estructura de 922,152 relaciones de coautoría, con diferentes niveles de intensidad y temporalidad de las interacciones entre autores e instituciones. La colaboración con Europa generó una red de relaciones de colaboración con investigadores de 28 países, con una alta concentración del 80% de los trabajos en cinco países: Francia, Italia, Alemania, España e Inglaterra.

De acuerdo con el modelo, las citas son consideradas como símbolo de influencia. En la segunda instancia, de la segunda triada, la cita es considerada en forma general, como un importante referente que es utilizado principalmente como elemento argumentativo de persuasión en los textos científicos (Bazerman, 1988f). De tal manera que la influencia entre textos no puede referirse solamente a los casos considerados como asuntos de influencia positiva. Las prácticas de referenciación moderna se han consolidado como importantes mecanismos de auto-corrección pública en la ciencia. En este sentido, las referencias son importantes no sólo porque establecen acuerdos, sino también desacuerdo entre los textos. En esta práctica cotidiana, tanto los acuerdos como los desacuerdos entre los contenidos de los textos, forman consensos y, en la medida que unos u otros se repiten, acumulan testimonios y conforman memorias que dan cuenta de los contenidos científicos que construyen los sentidos, que se consolidan como teorías y paradigmas del conocimiento. Así, el análisis de la física en ALyC, utiliza un concepto amplio de la visibilidad en la ciencia, que incluye las diversas modalidades de influencia, incluyendo las referencias consideradas como auto-citas.

Las primeras señales o signos de visibilidad internacional de la física en ALyC, mostrados en el apartado de antecedentes del capítulo 1, permiten la instanciación de los trabajos locales como fuentes citantes del trabajo internacional. Esta característica se obtiene a través de la intertextualidad



referencial (Porter, 1986; Durañona, *et al.*, 2006), en la medida que relaciona, a través de referencias, los contenidos de los trabajos locales con el discurso conceptual dominante (teorías, métodos, conceptos, modelos), contenido principalmente en los trabajos identificados con la corriente internacional principal de conocimientos en la física. La intertextualidad, en forma de referencias bibliográficas, está considerada también como elementos importantes de acreditación de los contenidos del trabajo local en el discurso internacional de los campos de la física. Estas mismas características le permiten a los trabajos locales, ser instanciados como documentos citados. Los contenidos de los trabajos locales (resultados, métodos, conceptos, aplicaciones), son reconocidos en la medida que son citados como elementos de apoyo a la argumentación de los contenidos de las publicaciones acreditadas en la corriente principal. Con esta segunda función de trabajos citados, las prácticas científicas locales y sus contextos adquieren un mayor nivel de visibilidad internacional. Los documentos citantes incorporan como elementos citados, además de autores, las ciudades como puntos geográficos de las regiones de ALyC, mismos que se activan como nodos de nuevos mapas internacionales de distribución de la ciencia, con capacidad de otorgar y recibir reconocimiento científico.

La creación y proliferación de los índices de citas influyeron de manera importante en el incremento histórico de las prácticas de citación. Uno de los aspectos que más se ha desarrollado, a partir de la aparición de los índices, es el uso de las citas como unidad básica para desarrollar distintos indicadores de evaluación en la ciencia. Sin embargo, el concepto utilitario como unidad de medida de evaluación que se hace de ella y la forma de representación no han aportado elementos importantes para el entendimiento de la significación del fenómeno de la citación.

La visibilidad también se construye como parte de la conformación de sentido en la ciencia. Como un interpretante que desarrolla el objeto citado cuando forma parte de la intertextualidad referencial de los trabajos clasificados en la literatura de corriente principal. La continuidad en la publicación de trabajos conforma las estructuras conceptuales y construye el sentido del

discurso que le da identidad cognitiva y arraigo geográfico a las comunidades científicas. También la presencia de los trabajos de las comunidades de física, como objetos citados, en la intertextualidad referencial de la literatura de corriente principal, conforma estructuras de relaciones que dan cuenta de las características de la influencia que estos documentos locales tienen sobre otros. A medida que esta influencia de los contenidos locales se mantiene y se diversifica, el discurso de las comunidades locales acumula reconocimientos, que se pueden documentar como estructuras de influencia entre contenidos de documentos citados y citantes, mismos que construyen estructuras de sentido.

En el tercer nivel de instanciación, la visibilidad científica es un interpretante que desarrolla el objeto citado, como un constructo colectivo de las comunidades. La naturaleza intertextual del trabajo científico, enfoca más la atención sobre las circunstancias del contexto social del que surgen los productos científicos, que sobre aspectos individuales referentes a la intención de los autores (Porter, 1986). Bajo esta idea, en las circunstancias generalmente adversas al desarrollo de la ciencia en los países de ALyC, los miembros de las comunidades científicas se encuentran compartiendo esfuerzos por institucionalizar prácticas científicas, desarrollar formas de organización y capacidades más productivas. Así, en el modelo de análisis se considera que los reconocimientos obtenidos en forma de citas son a estos esfuerzos comunales, que hicieron posible el arraigo de las prácticas científicas, antes que a prestigios individuales. Las citas como uno de los componentes de acumulación de capital científico simbólico se interpretan como indicadores de prestigio para los campos y las comunidades, mismos que son utilizados por las comunidades para conseguir autonomía y negociar condiciones para su desarrollo.

## **Comentarios finales**

Las comunidades científicas existentes en física en ALyC, han desarrollado capacidades locales en diferentes sentidos: (I) para realizar trabajos relevantes de manera independiente a los centros de excelencia en el

área, (II) para participar en el movimiento de internacionalización de la ciencia, y (III) para mantener la contribución en las diferentes modalidades de colaboración desarrolladas en las disciplinas de la física. Estas capacidades se han desarrollado, fundamentalmente, en trayectorias de flujos de conocimiento con una orientación norte-sur. Donde los trabajos locales están desarrollados, principalmente, conforme a las agendas internacionales de la investigación en física, definidas e impuestas, históricamente, de acuerdo con las prioridades de los países de mayor tradición científica. Sin embargo, de acuerdo con la distribución geográfica de las capacidades científicas de la figura 20; la incorporación de temas y agendas de ALyC como parte de las agendas científicas internacionales, debe revisarse como una novedad cualitativa implícita en el proceso de emergencia y diversificación de las prácticas científicas. En este sentido, el concepto de geografía emergente consiste en apostar por la existencia de líneas de investigación relacionados con políticas y agendas definidas en las ciencias físicas a nivel local. Con trabajos que incluyan componentes de investigación vinculados a sectores productivos y que han adquirido visibilidad científica internacional relevante, en términos de número de citas recibidas. Estos casos incluyen historias con trayectorias de visibilidad científica que, a través de las relaciones entre textos citados y citantes, dan cuenta de procesos de conformación, de saberes endógenos, como agendas científicas internacionales, acreditadas como temas de corriente principal. Estos aspectos emergen y generan un doble proceso de significación de la ciencia, tanto en el ámbito local como en el internacional, así como flujos de conocimientos en ambas direcciones sur-norte y norte-sur.

El concepto de geografía emergente es una apuesta a que en ALyC se han desarrollado, en las ciencias físicas, capacidades para generar, por un lado, investigaciones provechosamente locales y, por otro lado, aportaciones generosamente universales, así como trabajos que incluyen las dos cualidades. Estos aspectos concilian, en el ámbito de la ciencia, la preocupación de Alfonso Reyes (1959), “La única manera de ser provechosamente nacional consiste en ser generosamente universal”.

De acuerdo con el análisis semiótico del modelo utilizado, los trabajos que incluyen componentes relacionados con prioridades contenidas en agendas de políticas locales, y con los niveles de citas considerados en este trabajo, son eventos que construyen trayectorias en las que desarrollan, como objetos citados, un capital (prestigio) simbólico que se interpretan como procesos de construcción de agendas temáticas periféricas en el plano internacional.

## Referencias

**Albornoz, M.** (2001). Política Científica y Tecnológica: Una visión desde América Latina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, p.7.

**Albornoz, M.** (2007). La RICYT: Resultados y desafíos pendientes. En Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología. Disponible en <http://www.ricyt.org/interior/interior.asp?Nivel1=6&Nivel2=2&IdTaller=19&Idioma>.

**Albornoz, M; Matos Macedo, M; Alfaraz, C.** (2010). Latín América. En “UNESCO Science Report 2010. The Current State of Science Around the World”. Paris, Francia: UNESCO, 2010. p. 77-102. Disponible en línea: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001899/189958E.pdf>

**Amozorrutia, JA.** (2012). De la semiótica a la cibernética: una estrategia para modelar sistémicamente el sentido. En “Semiótica y comunicología. Historias y propuestas de una mirada científica en construcción”. *Razón y Palabra*, **72**: 1-24

**Amsterdamska, O.** (2008). Practices, Peoples and Places. The Enduring Importance of the Place. En “The handbook of Science and Technology Studies” / Edited by Edward J. Hackett, *et al.*, 3a. ed. Cambridge, Massachusetts, p. 205-209.

**Appenzeller, T.** (1995). Points of Light in Latin America. *Science*. **267**: 807.

**Arunachalam, S; Manorama, K.** (1988). Are citation-based quantitative techniques adequate for measuring science on the periphery? *Scientometrics*, **15**(5-6): 393–408.

**Arunachalam, S.** (1995). Science on the periphery: can it contribute to mainstream science? *Knowledge and Policy*, **8**(2): 68-87.

**Ayala, FJ.** (1995). Science in Latin America. *Science*, **267**: 826-827.

**Bartolucci, J.** (1991). Formación tardía de comunidades científicas. El caso de los astrónomos mexicanos. *Quipu*, **8**(3): 361-377.

**Bazerman, C.** (1984). Modern evolution of the experimental report in physics - Spectroscopic Articles in Physical-Review, 1893-1980. *Social Studies of Science*, **2** (14): 163-196.

**Bazerman, C.** (1988). Shaping written knowledge. The genre and activity of the experimental article in science. Madison Wisconsin: University of Wisconsin Press, 356 p.

**Bazerman, C.** (1988a). Theoretical Integration in Experimental Reports in Twenty-Century Physics. Spectroscopic articles in Physical Review, 1893-1980. . In: "Shaping written knowledge. The genre and activity of the experimental article in science". Madison Wisconsin: The University of Wisconsin Press, p.153-186.

**Bazerman, C.** (1988b). Making References. Empirical contexts, Choices, and Constraints in the Literary Creation of the Compton Effect. . In: "Shaping written knowledge. The genre and activity of the experimental article in science". Madison Wisconsin: University of Wisconsin Press, p. 187-234.

**Bazerman, C.** (1988c). Physicists Reading Physics. Schema-Laden Purposes and Purpose-Laden Schema. In: "Shaping written knowledge. The genre and activity of the experimental article in science". Madison Wisconsin: University of Wisconsin Press, p. 235-253.

**Bazerman, C.** (1988d). Reporting the experiment. The changing account of Scientific Doings in the Philosophical Transactions of the Royal Society, 1665-1800. In: "Shaping written knowledge. The genre and activity of the experimental article in science". Madison Wisconsin: University of Wisconsin Press, p. 59-79.

**Bazerman, C.** (1988e). Between Book and Articles. Newton Faces Controversy. In: "Shaping written knowledge. The genre and activity of the experimental article in science". Madison Wisconsin: University of Wisconsin Press, p. 80-127.

**Bazerman, C.** (1988f). What Written Knowledge Does? Three Examples of Academic Discourse. In: "Shaping written knowledge. The genre and activity of the experimental article in science". Madison Wisconsin: University of Wisconsin Press, p. 18-55.

**Bazerman, C.** (1993). Intertextual self-fashioning: Gould and Lewontin's representations of the literature. In *Understanding scientific prose* / edited by J. Selzer, p. 20-41. Madison: University of Wisconsin Press.

- Bell, M.** (1995). Enfoques sobre política de ciencia y tecnología en los años noventa: viejos modelos y nuevas experiencias. *Redes*, **2** (5): 7-34.
- Bes, DR.** (1969). Física nuclear en Latinoamérica. En "Memoria del Primer Congreso Latinoamericano de Física" (Oaxtepec, México, 23 de julio - 3 de agosto de 1968), p. 70-78.
- Bhattacharya, S.** (1996). World structure of physics: A cross national comparison. JISSI, *Int J Scientometrics Informetrics*, **2**: 21-32.
- Bhattacharya, S; Singh, S P; Sudhakar, P.** (1997). Tracking changes in research priorities in physics: a macro level analysis. *Scientometrics*, **40**(1): 57-82.
- Bordons, M y Zulueta, MA.** (1999). Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. *Rev Esp Cardiol*, **52**: 790-800.
- Bourdieu, P.** (1977). Outline of a Theory of Practice. Cambridge; Cambridge University Press, 249 p.
- Bourdieu, P.** (1984). Homo academicus. México; Siglo XXI, 314 p.
- Bourdieu, P.** (2003). El oficio de científico. Ciencia de la ciencia y reflexividad. Barcelona; *Anagrama*, 212 p.
- Bradford, SC.** (1934). Sources of Information on Specific Subjects. *Engineering*, **137**: 85-86.
- Braun, T; Schubert, A.** (1997). Dimensions of Scientometric Indicator Data files World Science in 1990-1994. *Scientometrics*, **38** (1): 175-204.
- Brikman, WF; Gross, D; Happer, W; Stormer, H.** (2002). La Física en la Argentina. *Revista Ciencia Hoy*. **71**(12): 8-11.
- Bujdosó, E; Braun, T.** (1983). Publication indicators of relative research efforts in physics subfields. *J Amer Soc Inf Sci*. **34**(2): 150-155.
- Bunge, M.** (2004). Emergencia y convergencia: novedad cualitativa y unidad de conocimiento. Barcelona: Gedisa, 398 p.
- Bush, V.** (1945). Science The Endless Frontier. A Report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development, July 1945 (United States Government Printing Office, Washington:

1945). Disponible en línea: <http://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm#transmittal>

**Bustamante, MC; Videira, AAP.** (1991). Bernhard Gross y la física de los rayos cósmicos en el Brasil. *Quipu*, **8** (3): 325-347.

**Cahan, D.** (1989). Pride and Prejudice in the History of Physics: The German Speaking World, 1740-1945. In "The institutional revolution in German physics, 1865-1914". *Historical Studies in the Physical Sciences* (Chapter 1), 15 p.

**Camic, C; Xie, Y.** (1994). The Statistical Turn in American Social Science: Columbia University, 1890. *American Sociological Review*, **59**(5): 773-805.

**Candolle, A de.** (1873). Histoire des Sciences et des Savants depuis deux Siecles. *Corr. Inst. Acad. Sci. de Paris, &c. Geneve.*

**Cattell, JMC.** (1903). A Statistical Study of Eminent Men. *Popular Science Monthly*, February, p. 359-377.

**Cattell, JMC.** (1927). The origin and distribution of scientific men. *Science* **66** (November 25): 513-6.

**Coblans, H.** (1975). The literature of physics: its structure and control. In: "Use of Physics Literature" / editor Herbert Coblans. London; Butterworth, 278 p. ISBN: 0-408-70709-7.

**Cohan, NV.** (1969). Física atómica y molecular en Latinoamérica. En "Memoria del Primer Congreso Latinoamericano de Física" (Oaxtepec, México, 23 de julio - 3 de agosto de 1968), p. 114-122.

**Cohen, J.** (1995). Latin America's Elite Looks North for Scientific Partners. *Science*, **267**: 809-810.

**Cole, FJ; Eales, NB.** (1917). The History of Comparative Anatomy. *Science Progress*, **11**: 578-596

**Collazo-Reyes, F; Herrera Corral, G.** (2008). Alfredo Baños: aportación al surgimiento de la física y la ciencia académica en México. *Avance y Perspectiva*, **1**(1): 5-19.

**Collazo-Reyes, F; Luna-Morales, ME; Russell, JM; Pérez-Angón, MA.** (2011). Emergence and convergence of scientific communication in a developing country: Mexico 1900-1979. In "Proceedings of International



Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics”, p. 155-162. Durban, South África, held on July, 5-8.

**Collazo-Reyes, F; Luna-Morales, ME; Vélez-Cuartas, G.** (2010). Surgimiento de las prácticas científicas de colaboración en la ciencia mexicana con cobertura en los índices internacionales. *REDES. Monográfico redes Bibliométricas y Cienciométricas*. Diciembre, **19**: 143-167.

**Cozzens, SE.** (1989). What does citations count? The rhetoric–first model. *Scientometrics*, **15**: 1437-447

**Cronin, B.** (1981). The need for a theory of citation. *J Doc*, **37**: 16-24

**Cronin, B.** (2000). Semiotic and Evaluative Bibliometrics. *J Doc*, **56**(4): 440-453.

**Cronin, Blaise.** (2005). The hand of science: academic writing and its rewards. Lanham, MD: The Scarecrow Press, Inc., 2005. 214 p. ISBN 0-8108-5282-9

**Cueto, M.** (1997). Science under Adversity: Latin American Medical Research and American Private Philanthropy, 1920-1960. *Minerva*, **35**: 233-245.

**Da Costa, LN.** (1995). Future of Science in Latin America, *Science*, **267**: 827-828

**Davidoff, F; De Angelis, CD; Drazen, JM; Hoey, J.** (2001). Sponsorship, Authorship and Accountability. *Lancet*. **54**: 1247-1250

**Day, RA; Gastel, B.** (2006). How to Write and Publish a Scientific Paper. 6a. ed. Westport, Connecticut; Greenwood Press, 302 p.

**De Bellis, N.** (2009). Bibliometrics and Citation Analysis. From the Science Citation Index to Cybermetrics. Maryland; Scarecrow Press, 417p

**De Castro Moreira, I.** (2003). Brazilian Science at a Crossroad. *Science*, **301**(5630); 141.

**De Negraes Brisolla, S; Conejo Guedes Pinto, LA.** (1991). El Instituto de Física de la UNICAMP, la fibra óptica y la telefonía de Brasil. *Quipu*, **8**(3): 293-324.

**De Nooy, W, Mrvar, A; Batagelj, V.** (2005). Exploratory Social Network Analysis with Pajek. Nueva York: Cambridge University Press, 320 p.

**Delgado-López, E; Torres-Salinas, D; Jiménez-Contreras, E; Ruíz-Pérez, R.** (2006). Análisis bibliométrico y de redes sociales aplicado a las tesis bibliométricas defendidas en España (1976-2002): temas, escuelas científicas y redes académicas. *Rev Esp Doc Cient*, **29**(4): 1-36.

**Department of Physics.** University of the West Indies, Mona. Disponible en línea: <http://myspot.mona.uwi.edu/physics/aboutus> (fecha de consulta. 12 noviembre, 2011)

**Díaz, JL.** (2005). Modelos científicos conceptuales y usos. En “El modelo de la ciencia y la cultura” / Coordinador Alfredo López Austin. México; UNAM, Siglo XX, p. 11-28.

**Domínguez Martínez, R.** (2000). Historia de la física nuclear en México: 1933-1963. México; UNAM. 270 p.

**Drahoš, P y Braithwaite, J.** (2002). Information feudalism: who owns the knowledge economy? London: Earthscan Publications Ltd.

**Dresden, A.** (1922). A Report on the Scientific Work of the Chicago Section. *AMS Bulletin*, **28**: 303-307

**Dugger, W.** (1989). Corporate Hegemony (Contributions in Economics and Economic History). Westport, CT; Greenwood Press.

**Durañona, MA; García Carrero, E; Hilaire, E; Salles, NA; Vallini, AM.** (2006). Textos que dialogan: la intertextualidad como recurso didáctico. Madrid, España; Comunidad de Madrid, 235 p., ISBN: 84-451-2832-9

**Eco, U. (1986).** La estructura ausente: Introducción a la semiótica. 3ª. ed. Barcelona; Lumen, 379 p. ISBN: 84-264-1076-6.

**Eco, U.** (2005). Tratado de Semiótica General. México; Randon House Mondadori, 461 p.

**Elkana, Y; Lederberger, J; Merton, K; Thackray, A; Zuckerman, H.** (1978). Introduction. In “Toward a metric of science: the advent of science indicators”. New York: John Wiley & Sons. Essential Science Indicators, 1-7 p.

**Fernández, MT; Gómez, I; Sebastián, J.** (1998). La Cooperación Científica de los Países de América Latina a través de Indicadores Bibliométricos. *Interciencia*, **23**(6): 328-337

- Florian, RV.** (2007). Irreproducibility of the results of the Shanghai academic ranking of world universities. *Scientometrics*, **72**(1): 25-32.
- Frame, JD.** (1997). Mainstream research in Latin America and the Caribbean. *Interciencia*, **2**: 143-148.
- Fuentes Navarro, R.** (1998). La emergencia de un campo académico. Guadalajara, México; ITESO, U de G, 409 p.
- Galton, Francis** (1874). English Men of Science. Their Nature and Nurture. London, McMillan, 282 p.
- Garfield, E.** (1955) Citation Indexes for sciences. *Sciences*, **122**: 108
- Garfield, E.** (1984). Latin American Research. Part 1. Where it is Published and How Often It is Cited. *Current Comments*, **19**: 138-143
- Garfield, E.** (1984a). Latin American Research. Part 2. Most-Cited Articles, Discipline Orientation, and Research Front Concentration, *Current Comments*, **19**: 144-151.
- Garfield, E.** (1987). 100 Citation Classics from the Journal of the American Medical Association. *J Am Med Assoc*, **257** (1): 52-59
- Gerard, E; Grediaga Kuri, R.** (2009). ¿Endogamia o exogamia científica? La formación en el extranjero, una fuerte influencia en las prácticas y redes científicas, en particular en las ciencias duras. En “Fuga de cerebros, movilidad académica, redes científicas. Perspectivas latinoamericanas” / Sylvie Didou Apetit Etienne Gérard (eds.). Mexico; IESALC; CINVESTAV, IRD, p. 137-160.
- Gibbs, WW.** (1995). The Lost Science in the Third World. *Scientific American*, August, 8 p.
- Giddens, A.** (1984). The Constitution of Society. Berkeley, California; University of California Press, 407 p.
- Gish, OH y Rooney, WJ.** (1930). Results of Earth-Current Observations at Huancayo Magnetic Observatory, 1927–1929. *Terrest Magn Atmosph Elect*, **35**(4): 213-224.
- Glanzel, W.** (1996). The Needs for Standards in Bibliometric Research and Technology. *Scientometrics*, **35**(2): 167-176.

**Glanzel, W.** (2003). Bibliometric as a research field. A course on theory and application of bibliometric indicators. Course handouts 2003, 115p Disponible en línea: [http://www.norslis.net/2004/Bib\\_Module\\_KUL.pdf](http://www.norslis.net/2004/Bib_Module_KUL.pdf)

**Glanzel, W; Leta, J; Thijs, B.** (2006). Science in Brazil. Part 1: a macro level comparative study. *Scientometrics*, **67**: 67-86.

**Glanzel, W; Schubert, A y Braun, T.** (1988). On the Theory and Applications of Scientometric Indicators. *Sci, Technol & Human Values*, 13(1-2): 125-126.

**Godin, B.** (2001). The Emergence of Science and Technology Indicators: Why Did Government Supplement Statistics With Indicators? Montreal; Observatoire des Sciences et des Technologies, 1-22. Paper 8. Disponible en línea: <http://www.ost.qc.ca>

**Godin, B.** (2007). From Eugenics to Scientometrics: Galton, Cattell, and Men of Science. *Soc Stud Sci*, **37**: 691-728.

**Goffman, W.** (1966). Mathematical Approach to the Spread of Scientific Ideas-The History of Mast Cell Research. *Nature*, **212**: 449-452.

**Gómez, YJ.** (2007). Revisiting the “Heroic” Age: From Externalism to Internalism in Serial History of Science. En “Proceedings of International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics”, Madrid, Spain, June, 25-27 346-359 p.

**Gorbea Portal, S.** (2004). Producción y comunicación científica latinoamericana en ciencias bibliotecológicas y de la información. Tesis doctoral. Getafe, España; Universidad Carlos III de Madrid, 508p.

**Gorbea Portal, S.** (2005). El modelo matemático de Lotka. México; UNAM, 180 p.

**Gorbea Portal, S; Suárez-Balseiro, CA.** (2007). Análisis de la influencia y el impacto entre revistas periféricas no incluidas en el Science Citation Index. *Rev Interam Bibliotecol*, **30**(2): 47-70.

**Gringas, Y.** (2010). Mapping the Changing Centrality of Physicists (1900-1944). En “Proceedings of International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics”, Madrid, Spain, June 25-27. 314-320 p.

**Gringas, Y.** (2010a). The transformations of Physics from 1900 to 1954. *Phys Perspect*, **12**: 148-265.

**Gross, PLK.** (1927). Fundamental Science and War. *Science*, **66**(1722): 640-645.

**Guillaumin, G.** (2005). De las teorías a las prácticas científicas: algunos problemas epistemológicos de la “nueva” historiografía de la ciencia. En “Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia”. México : UNAM, p. 235-247.

**Gutiérrez Gallardo, C; Gutiérrez Alborno, F.** (2006). Física: su trayectoria en Chile (1800-1960). *Historia, Santiago*, **39**(2): 477-496.

**Haberer, A** (2007). Intertextuality in theory and practice. *Literature*, **49**(5): 54-67.

**Henke, CH; Gieryn, TF.** (2008). Sites of Scientific Practice: The Enduring Importance of the Place. In “The handbook of Science and Technology Studies” / Edited by Edward J. Hackett, *et al.* 3a. ed. Cambridge, Massachusetts, p. 353-376.

**Herrera Corral, G** (2011). Las comunidades académicas de México son heroicas al sobrevivir épocas de escaso apoyo. *Crónica Académica*. Lunes 24 Enero 2011, p. 39.

**Hodara, J.** (2007). Ciencia en la periferia de la periferia: hacia la formación de colegios virtuales. Estudios Interdisciplinarios de América Latina y el Caribe. Disponible en línea: [http://www1.tau.ac.il/eial/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=560](http://www1.tau.ac.il/eial/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=560)

**Hollander, H; Soete, L.** (2010). The growing role of knowledge in the global economy. *A World of Science*, **8**(4): 2-10.

**Holton, G.** (1978). Can Science be Measured? In Toward a metric of science: the advent of science indicators. New York: John Wiley & Sons, 39-68p.

**Hounshell, D.** (1997). The Cold War, RAND, and the Generation of Knowledge, 1946-1962. *Hist Stud Phys Biol Sci*, **27**(2): 237-267.

**Hulme, EW.** (1923) Statistical Bibliography in Relation to the Growth of Modern Civilization. London; Grafton.

**Hurtado de Mendoza, D.** (2007). Winding Roads to Big Science: Experimental Physics in Argentina and Brazil. *Sci Technol Soc*, **12**(1): 27-48.

**ISI HiglyCited.com.** Disponible en línea: <http://www.in-cites.com/countries/latin-america.html>

**ISI-Thomson.** Essential Science Indicators. Disponible en línea: [http://thomsonreuters.com/products\\_services/science/science\\_products/a-z/essential\\_science\\_indicators/](http://thomsonreuters.com/products_services/science/science_products/a-z/essential_science_indicators/)

**King, D** (2004). The scientific impact of nations. What different countries get for their research spending?. *Nature*, **430** (6997): 311–316.

**Knorr-Cetina, K.** (1999). Epistemic cultures: How the sciences make knowledge. Cambridge: Cambridge University Press, 329 p.

**Kochen, M.** (1978). Models of Scientific Output. In “Toward a metric of science: the advent of science indicators”. New York: John Wiley & Sons, p. 97-136.

**Kovriga, AV.** (2002). Knowledge in Traditional institutionalism. *Soc Econ*, **4**: 53-58.

**Lane, J.** (2010). Let’s make science metrics more scientific. *Nature*, **464**(25 March): 48-489.

**Latin America** records rapid rise in research publications (2004). *Nature* **432**, (4 November): 8.

**Leite Lopes, J.** (1990). Richard Feynman in Brazil: Personal Recollections. *Quipu*, **7**(3): 383-397

**Leta, J; De Meis, L.** (1996). A profile of science in Brazil. *Scientometrics*, **35**: 33-44.

**Leta, J; Glanzel, W; Thijs, B.** (2006). Science in Brazil. Part 1: A macro-level comparative study. *Scientometrics*, **67**(1): 67-86.

**Leta, J; Glanzel, W; Thijs, B.** (2006a). Science in Brazil. Part 2: Sectorial and institutional research profile. *Scientometrics*, **67**(1): 87-105.

**Liang, L, Rousseau, R; Zhong, Z.** (2011). Non-English Journals and Papers in Physics: Bias in Citations?. In “Proceedings of International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics”, South Africa, July 2-7, 463-473

**Livingstone, D L.** (2000). Putting science in its place. *Nature*, **405**: 997-998.

**López-Beltrán, C.** (1997). Ciencia en los márgenes: una consideración de la asimetría. En “Ciencia en los márgenes. Ensayos de historia de las ciencias en

México” / Medtchild Rutsch y Carlos Serrano, Editores. México; UNAM, p. 19-32.

**Lotka, AJ.** (1926). The Frequency Distribution of Scientific Productivity. *J Washington Acad Sci*, **16**: 317-323.

**Luhmann, N.** (1995). Las ciencias modernas y la fenomenología. Conferencia dictada en el auditorio del Ayuntamiento de Viena el 25 de mayo de 1995. Manuscrito. Traducido por Javier Torres Nafarrete.

**Luhmann, N.** (1998). Sistemas Sociales. México; Antropos, Universidad Ibero Americana.

**Luhmann, N.** (1998a). Sistemas sociales: lineamientos para una teoría general / tr. Silvia Pappe, Brunhilde Erker y coordinado por Javier Torres Nafarrate. México: Universidad Ibero Americana; Anthropos; Bogotá: Ceja.

**Luhmann, N.** (2007). La Sociedad de la sociedad / tr. Javier Torres Nafarrate. México; Herder.

**Luna-Morales, ME; Collazo-Reyes, F; Russell, JM.** (2007). A quantitative Historiography of Mexican Integration into the International standards of Scientific Research. In “Proceedings of International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics”, Madrid, Spain, June 25-27, p. 523-530.

**Luna-Morales, ME; Collazo-Reyes F; Russell, JM; Pérez-Angón, MA.** (2009). Early Patterns of Scientific Production by Mexican Researchers in Mainstream Journals, 1900-1950. *J Amer Soc Inf Sci Technol.* **60**(7): 1337-1348.

**Luna-Morales, ME.** (2010). La maduración de la ciencia mexicana: un análisis histórico bibliométrico de su desarrollo de 1980-2004. Tesis (PhD). México: UNAM. Facultad de Filosofía y Letras.

**Martínez, SF.** (2003). Geografía de las prácticas científicas. Racionalidad, heurística y normatividad. México; UNAM, 206 p.

**Martens Cook, P.** (1981). La Física en Chile, En “Una Visión de la Comunidad Científica Nacional”, Academia de Ciencias, Instituto de Chile, CPU, Ediciones CPU, 1981. Santiago Chile; Alfabetá Impresores.

**Mascarenhas, S.** (1969). Situacao atual e perspectivas da física da estado sólido na América Latina. En “Memoria del Primer Congreso Latinoamericano de Física” (Oaxtepec, México, 23 de julio - 3 de agosto de 1968), p. 93-99.

**May, RM.** (1997). The scientific wealth of nations. *Science*, **275**(5301): 793-796.

**Meneghini, R; Packer, AL.** (2006). Articles with authors affiliated to Brazilian institutions published form 1994 to 2003 with 100 or more citations: II – identification of thematic nuclei of excellence in Brazilian science. *Ann Acad Bras Cienc*, **78** (4).

**Meneghini, R; Packer, AL; Nassi-Calo, L.** (2008). Articles by Latin American Authors in Prestigious Journals Have Fewer Citations. *PLoS ONE* **3**(11): e3804.

**Minniti Morgan, ER.** (2005). Astronomía en Costa Rica. Disponible en línea: <http://liada.net/Histoliada/Astronomia%20de%20COSTA%20%20RICA.pdf> (consulta enero 2012)

**Moed, HF; Glanzel, W; Schmoch, U.** (2004). Editor’s Introduction. En “Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems” / Edited by Henk F Moed, Wolfgang Glanzel, W, and Ulrich Schmoch. Dordrecht; Kluwer Academic Publisher, p. 1-16.

**Molina, JL.** (2001). El análisis de redes sociales. Una introducción. Barcelona; Bellaterra. Colección Serie General Universitaria (10).

**Moskovkin, VM.** (2011). Open access to scientific knowledge and feudalism knowledge: Is there a connection?. *Webology*, **8**(1). Disponible en línea: <http://www.webology.org/2011/v8n1/a83.html#3>

**National Resources Committee.** (1938). Research: A National Resource (I): Relation of the Federal Government to Research. Washington, DC: USGPO.

**National Science Board** (1975) Science Indicators 1974. Washington, p. 7

**National Science Indicators.** Thomson Reuters. Disponible en línea: [http://thomsonreuters.com/products\\_services/science/science\\_products/a-z/national\\_science\\_indicators/](http://thomsonreuters.com/products_services/science/science_products/a-z/national_science_indicators/)

**Nwagwu, WE.** (2010). Cybernation the academe: Centralized scholarly ranking and visibility of scholars in the developing world. *J Inf Sci*, **36**(2): 228-241.



- OCDE** (1976): Science and Technology Indicators, Internal working document, Paris, OECD, (DSTI/SPR/76, 43).
- Peirce, CS.** (1955). Philosophical writings of papers. New York; Dover Publications.
- Pereira-Friedrich, M; Dos Santos-Rodríguez, P.** (1998). Looking at Science in Brazilian Universities: The case of The Instituto de Biofisica Carlos Chagas Filho. *Scientometrics*, **42**(2): 247-25.
- Pickering, A.** (1981). The Hunting of the Quark. *Isis* **72**(2): 216–36. JSTOR 230970.
- Pickering, A.** (1982). Elementary Particles: Discovered or Constructed?. In Physics in Collision: High-Energy ee/ep/pp Interactions / W. P. Trower and G. Bellini (eds). New York and London: Plenum, 1982. p. 439–48.
- Pickering, A.** (1984). Constructing quarks. A sociological history of particle physics. Chicago; Edinburgh University Press, 468 p.
- Pickering, A.** (1995). The mangle of Practice. Chicago; University of Chicago Press, 281 p.
- Pickering, A; Trower, WP.** (1985). Sociological problems of high-energy physics. *Nature* **318**(21): 243-245.
- Pickstone, JV.** (2000). Ways of knowing: a new history of science, technology, and medicine; Chicago: University of Chicago Press, 271 p.
- Platz, A.** (1965). Psychology of the Scientist: XI. Lotka's Law and the Research Visibility. *Psychol Rep*, **16**: 566-568.
- Polanco, X.** (1986). El perfil de la ciencia como ficción: historia y contexto, en El "Perfil de la ciencia en América" / J. J. Saldaña, ed. *Cuadernos Quipu*, **1**(nota 7): 52-53.
- Pontille, D.** (2003). Authorship practices and institutional contexts in sociology: Elements for a comparison of the United States and France. *SciTechnol Human Values*, **28**(2): 217-243.
- Porter, JE.** (1986). Intertextuality and the Discourse Community. *Rhetoric Review*. **5**(1): 35-47.

- Powell, R.** (2007). Geographies of science: histories, localities, practices, futures. *Progr Human Geogr*, **31**(3): 309-329.
- Price, DS.** (1961). *Science Since Babylonian*. Yale University Press; New Haven
- Price, DS.** (1963) *Little Science, Big Science*. New York: Columbia University Press.
- Pyenson, L; Singh, M.** (1984). Physics on the Periphery: A World Survey, 192-1929. *Scientometrics*, **6**(5): 279-306.
- Rainoff, TJ.** (1929). Wave-like fluctuations of Creative Production in the Development of West European Physics in the Eighteenth and Nineteenth Centuries. *Isis*, **12**: 287-319.
- Regalado, A.** (2010). Brazilian Science: Riding a gusher. *Science*, **330**(3 December): 1306-1312.
- Reichenbach, MC.** (2009). Richard Gans: The First Quantum Physics in Latin America. *Phys Perspect*. **11**: 302-317.
- Reyes, A.** (1959). A vuelta de correo / Obras completas de Alfonso Reyes. VIII. México; FCE, 427-449.
- Russell, JM; Rousseau, R.** (2003). Bibliometrics and institutional evaluation, in *Science and Technology Policy*, edited by R. Arvanitis. In "Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Developed under the auspices of UNESCO", Eolss Publishers, Oxford, UK. Disponible en línea: <http://www.eolss.net>
- Saavedra, I.** (1969). La física de partículas en América Latina, En "Memoria del Primer Congreso Latinoamericano de Física" (Oaxtepec, México, 23 de julio - 3 de agosto de 1968), p. 37-69.
- Sagasti, F; Pavez, A.** (1989). Ciencia y tecnología en América Latina a principios del siglo XX. Primer Congreso científico panamericano, *Quipu*, p. 189-216
- Sala, O.** (1969). Necesidades Científicas e Tecnológicas da Física na América Latina. En "Memoria del Primer Congreso Latinoamericano de Física". México; Sociedad Mexicana de Física, 1969. (Oaxtepec, México. 23 de julio – 3 de agosto, 1968)
- Salmeron, RA.** (2002). Gleb Wataghin, *Estudos Avancados*, **16**(44): 310-315.

**Science in Latin America (1995).** Publication Trends Uneven Growth, *Science*, 267: 808.

**Seth, S.** (2009). Putting knowledge in its place: science, colonialism, and the postcolonial. *Postcolonial Studies*, **12**(4): 373-388.

**Silliman, RH.** (1974). Fresnel and the Emergence of Physics as a Discipline. In "Historical Studies in the Physical Science" / Russell McCormach, Editor. Princeton; Princeton University Press, p.137-162.

**Sirili, G.** (2006). El desarrollo de indicadores de ciencia y tecnología en la OCDE: la red NESTI. 111-128. En "Redes de conocimiento. Construcción, dinámica y gestión" / Mario Albornoz y Claudio Alfaraz editores. Argentina; RICYT, 283 p.

**Small, HG** (1978). Cited Documents as Concept Symbols. *Soc Stud Sci.* **8**(3): 327-340

**Sociedad Mexicana de Física.** (2000-2001). Catálogo Iberoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física. México; SMF, FLSF, 397 p. Disponible en línea: (<http://www.smf.mx/Catalogo07-08/contenido.html>)

**Thackray, A.** (1978). Measurement in the Historiography of Science. In "Toward a metric of science: the advent of science indicators". New York: John Wiley & Sons, 11-30 p.

**Todorov, R.** (1985). Distribution of physics literature, *Scientometrics*, **7**: 195-209.

**UNESCO. Institute for Statistics.** (2005). What do bibliometrics indicators tell us about world scientific output? *Bull Sci Technol Stat*, **2**: 1-6.

**UNESCO.** (2010). Unesco science report 2010. The current status of science around the World. Paris, France, UNESCO: 179 p.

**Van Raan, AFJ.** (1997). Scientometrics: State-of-the-art. *Scientometrics*, **38**(1): 205-218.

**Vehlo, L.** (2005). S&T institutions in Latin America and the Caribbean: an overview. *Sci Public Policy*, **32**(2): 95-108.

- Vélez Cuartas, G.** (2010). Las redes de sentido de las redes sociales: un estudio cuantitativo. Tesis (Ph D. Ciencias Políticas y Sociales). México; Universidad Iberoamericana.
- Vessuri, H.** (1986). The Universities, Scientific Research and the National Interest in Latin America. *Minerva*, **24**(1): 1-38
- Vessuri, H.** (1987). The Social Study of Science in Latin America. *Soc Stud Sci*, **17**(3): 519-553.
- Vidales González, C** (2010). Semiótica y teoría de la comunicación. Tomo I. México; CECyTE, 135 p.
- Weinstock, N.** (1971), Citation indexes. In "Encyclopedia of Library and Information" / KENT, A. (Ed.). Science, New York: Marcel Dekker, **5**: 16-41.
- Woods, FA; Cattell, JMCK.** (1909). American Men of Science and the Question of Heredity. *Science*, **30**(763): 205-210
- Woods, FA.** (1909). A New Name for a New Science. *Science*, **30**(777): 703-704
- Woods, FA.** (1911). Historiometry as an Exact Science. *Science*, **33**(850): 568-574
- Zipf, GK.** (1949). Human Behavior and the Principle of Least Effort. Cambridge, Mass: Addison-Wesley.

## Anexos

### 1. Distribución geográfica de la producción relevante en ciencias físicas por países e instituciones en América Latina y el Caribe: 1973-2005.

No.	PAIS	INSTITUCION	TRABAJOS	CITAS	FACTOR CITAS
	<b>GRUPO 1</b>	<b>DE 1000 TRABAJOS</b>			
1	BRAZIL	UNIV SAO PAULO	1509	47817	31.69
2	MEXICO	UNIV NACL AUT MEX	1483	54869	37.00
	<b>Grupo 1</b>	<b>DE 100 A 999 TRABAJOS</b>			
3	BRAZIL	CTR BRAS PESQ FIS	752	28338	37.68
4	BRAZIL	UNIV EST CAMPINAS	670	19125	28.54
5	ARGENTINA	UNIV BUENOS AIRES	604	20371	33.73
6	MEXICO	CINVESTAV	573	21715	37.90
7	CHILE	OBSERV INTERAM C TOLOLO	516	29353	56.89
8	ARGENTINA	UNIV NACL LA PLATA	503	16799	33.40
9	BRAZIL	UNIV FED RIO GRANDE SUL	484	16750	34.61
10	CHILE	UNIV CHILE	473	22137	46.80
11	ARGENTINA	COMIS NACL ENERGIA ATOM	468	16046	34.29
12	CHILE	EUROP SO OBSERV LA SILLA	454	22447	49.44
13	BRAZIL	UNIV FED RIO JANEIRO	454	14261	31.41
14	BRAZIL	INST NACL PESQ ESPACIAIS	323	12649	39.16
15	BRAZIL	UNIV EST RIO DE JANEIRO	317	9373	29.57
16	MEXICO	UNIV AUT METROPOL	260	8961	34.47
17	COLOMBIA	UNIV LOS ANDES-COL	257	10503	40.87
18	BRAZIL	UNIV EST PAULISTA	251	6828	27.20
19	BRAZIL	PONT UNIV CAT RIO	245	8041	32.82
20	P RICO	UNIV P RICO	238	11168	46.92
21	CHILE	PONT UNIV CAT CH	208	10362	49.82
22	BRAZIL	UNIV FED SAO CARLOS	205	5986	29.20
23	BRAZIL	UNIV FED PERNAMBUCO	204	5962	29.23
24	BRAZIL	UNIV FED MINAS GERAIS	199	6193	31.12
25	BRAZIL	OBSERV NACL RIO JANEIRO	198	6150	31.06
26	VENEZUELA	INST VENEZOLANO INV CIENT	164	5501	33.54
27	ARGENTINA	INST ASTRON & FIS ESPACIO	160	6504	40.65
28	MEXICO	INST NACL ASTROF OPT ELECT	149	5549	37.24

29	BRAZIL	UNIV FED FLUMINENSE	147	4613	31.38
30	BRAZIL	UNIV BRASILIA	138	3579	25.93
31	ARGENTINA	CTR ATOM BARILOCHE	136	4735	34.82
32	ARGENTINA	INST BALSEIRO	117	5847	49.97
33	CUBA	UNIV LA HABANA	117	2435	20.81
34	ARGENTINA	UNIV NAEL CORDOBA	115	3616	31.44
35	ARGENTINA	CONICET	114	4375	38.38
36	MEXICO	BEN UNIV AUT PUEBLA	102	3230	31.67
	<b>GRUPO 3</b>	<b>DE 10 A 99 TRABAJOS</b>			
37	VENEZUELA	UNIV LOS ANDES	99	3263	32.96
38	ARGENTINA	OBSERV ASTRON	98	3292	33.59
39	ARGENTINA	UNIV NAEL ROSARIO	96	3670	38.23
40	ARGENTINA	UNIV NAEL CUYO	91	3113	34.21
41	VENEZUELA	UNIV CENT VENEZUELA	85	3638	42.80
42	BRAZIL	UNIV FED SANTA CATARINA	84	2805	33.39
43	ECUADOR	UNIV SAN FRANCISCO	82	2325	28.35
44	VENEZUELA	UNIV SIMON BOLIVAR	80	2480	31.00
45	CHILE	BSERV CARNEG I WASHINGTON	79	3612	45.72
46	CHILE	CTR ESTUDIOS CIENT SANTIAGO	74	3140	42.43
47	BRAZIL	UNIV FED PARAIBA	73	2254	30.88
48	MEXICO	UNIV GUANAJUATO	68	2263	33.28
49	MEXICO	UNIV AUT SAN LUIS POTOSI	67	2041	30.46
50	CHILE	UNIV SANTIAGO	65	1903	29.28
51	VENEZUELA	CTR INVEST ASTRON CIDA	64	4067	63.55
52	URUGUAY	UNIV REPUBLICA	63	2242	35.59
53	MEXICO	INST MEX PETROL	61	2041	33.46
54	ARGENTINA	INST ARGEN RADIOASTRON	60	1644	27.40
55	BRAZIL	UNIV FED CEARA	58	1826	31.48
56	ARGENTINA	INST INV FIS QUIM TEOR APL	56	1663	29.70
57	BRAZIL	UNIV FED PARANA	54	1352	25.04
58	ARGENTINA	INST INV CATAL PETROQUIM	51	1539	30.18
59	ARGENTINA	UNIV LITORAL	50	1407	28.14
60	BRAZIL	CTR TECN AEROESP	48	1370	28.54
61	BRAZIL	UNIV FED BAHIA	46	1275	27.72
62	BRAZIL	UNIV FED PARA	46	1529	33.24
63	MEXICO	CTR INV CIENC ED SUP ENSEN	44	1490	33.86
64	MEXICO	INST POLITEC NAEL	44	1006	22.86
65	BRAZIL	LAB NAEL LUZ SINCROTON	42	1659	39.50
66	ARGENTINA	UNIV NAEL SUR	40	1113	27.83
67	ARGENTINA	UNIV NAEL SAN LUIS	40	1279	31.98
68	PERU	INST GEOFIS PERU	35	1536	43.89
69	BRAZIL	UNIV FED ALAGOAS	35	1301	37.17
70	CHILE	UNIV TECNICA FSM	35	1287	36.77
71	BRAZIL	PETROBRAS SA	34	1143	33.62
72	BRAZIL	UNIV EST MARINGA	33	1500	45.45

73	CHILE	SERV NACL GEOL & MINERIA	30	1107	36.90
74	BRAZIL	UNIV FED SAO PAULO	29	985	33.97
75	MEXICO	UNIV SONORA	29	1114	38.41
76	BRAZIL	INST FIS TEOR	29	697	24.03
77	MEXICO	INST NACL INV NUCL	29	992	34.21
78	BRAZIL	UNIV FED SANTA MARIA	28	1672	59.71
79	ARGENTINA	UNIV QUILMES	27	790	29.26
80	BRAZIL	INST ASTRON & GEOFIS	26	906	34.85
81	COSTA RICA	UNIV COSTA RICA	25	1096	43.84
82	ARGENTINA	UNIV NACL TUCUMAN	25	570	22.80
83	BRAZIL	UNIV FED ESPIRITO SANTO	24	588	24.50
84	CHILE	UNIV CAT NORTE	22	498	22.64
85	MEXICO	UNIV GUADALAJARA	22	738	33.55
86	VENEZUELA	INTEVEP SA	22	628	28.55
87	ARGENTINA	PROGR FOTOM EST GALAC	22	857	38.95
88	BRAZIL	INST NACL TECNOL	21	1081	51.48
89	COLOMBIA	UNIV DEL VALLE COL	21	632	30.10
90	BRAZIL	INST MIL ENGENHARIA	20	514	25.70
91	BRAZIL	INST ESTUDIOS AVANZADOS	20	689	34.45
92	BRAZIL	UNIV FED OURO PRETO	19	455	23.95
93	CHILE	INST ISAAC NEWTON	19	555	29.21
94	MEXICO	CTR INV OPT-MEX	19	422	22.21
95	BRAZIL	UNIV FED JUIZ DE FORA	18	445	24.72
96	CUBA	INST SUP PEDAG EJV	17	349	20.53
97	MEXICO	UNIV AUT EST MORELOS	17	360	21.18
98	MEXICO	UNIV MICHOACANA SNH	17	364	21.41
99	PERU	PONT UNIV CAT PERU	15	402	26.80
100	BRAZIL	INST TECNOL AERONAUT	14	571	40.79
101	PERU	UNIV NACL INGN	14	438	31.29
102	ARGENTINA	UNIV NACL SALTA	14	430	30.71
103	COLOMBIA	UNIV ANTIOQUIA	14	470	33.57
104	BRAZIL	UNIV FED GOIAS	14	404	28.86
105	ARGENTINA	INST FIS ROSARIO	14	450	32.14
106	BRAZIL	COM-GRAL TECNOL AEROESP	13	240	18.46
107	ARGENTINA	INST ANTARTICO ARGENTINO	13	338	26.00
108	COLOMBIA	UNIV NACL COL	13	344	26.46
109	BRAZIL	INST PESQ ENERG & NUCL	13	451	34.69
110	CHILE	UNIV LA SERENA	12	478	39.83
111	ARGENTINA	INST INV FIS-QUIM TEOR APL	12	317	26.42
112	MEXICO	EL COLEGIO NACL	11	411	37.36
113	MEXICO	CTR INVESTIGACION SISM AC	11	507	46.09
114	ARGENTINA	COM INV CIENT PROV B AIRES	11	240	21.82
115	BRAZIL	FUND CTR TEC MINAS GERAIS	11	255	23.18
116	MEXICO	UNIV AUT NUEVO LEON	11	348	31.64
117	BRAZIL	LAB NACL ASTROFIS	11	316	28.73
118	JAMAICA	UNIV W INDIES	11	382	34.73

119	ARGENTINA	INST DES TECNOL IND QUIM	11	296	26.91
120	PERU	RADIO OBSERV JICAMARCA	11	1096	99.64
121	BRAZIL	INST FIS & QUIM SAO CARLOS	11	286	26.00
122	CHILE	INST INVEST GEOL	10	303	30.30
123	ARGENTINA	MUSEO CIENC NAT LA PLATA	10	280	28.00
124	BRAZIL	CTR ENERG NUCL AGR	10	491	49.10
125	VENEZUELA	UNIV ZULIA	10	275	27.50
126	BRAZIL	UNIV MACKENZIE	10	250	25.00
127	COLOMBIA	INGEOMINAS	10	448	44.80
128	BRAZIL	TELEBRAS SA	10	199	19.90
129	BRAZIL	ESC FED ENGN ITAJUBA	10	304	30.40
130	ARGENTINA	COM NAEL INV ESPACIALES	10	563	56.30
131	P RICO	P RICO NUCL CTR	10	481	48.10
132	MEXICO	UNIV AUT ZACATECAS	10	313	31.30
	<b>GRUPO 4</b>	<b>3 A 9 TRABAJOS</b>			
133	CHILE	GEMINI OBSERV	9	282	31.33
134	BRAZIL	EMBRAPA	9	405	45.00
135	ARGENTINA	CTR INVEST OPT	9	235	26.11
136	MEXICO	UNIV AUT BAJA CALIF	9	208	23.11
137	MEXICO	CTR INT CIENCIAS AC	9	376	41.78
138	ARGENTINA	PLAPIQUI	8	242	30.25
139	BRAZIL	COMIS NAEL ENERGIA NUCL	8	174	21.75
140	CHILE	UNIV TEC EST SANTIAGO	8	223	27.88
141	BOLIVIA	ORSTOM	8	332	41.50
142	CUBA	INST SUP C&T NUCL	8	147	18.38
143	BRAZIL	UNIV FED UBERLANDIA	8	141	17.63
144	BRAZIL	INST MAT PURA & APLICADA	8	253	31.63
145	CUBA	CTR INVEST QUIM	8	269	33.63
146	MEXICO	INST INV ELECT	8	474	59.25
147	CUBA	CTR NAEL INV CIENT	7	111	15.86
148	BRAZIL	UNIV EST SAO PAULO	7	159	22.71
149	ARGENTINA	CTR INVEST DES PROC CATALIT	7	224	32.00
150	BRAZIL	UNIV EST LONDRINA	7	143	20.43
151	MEXICO	INST POTOSINO INV CyT	7	282	40.29
152	ARGENTINA	UNIV NAEL LITORAL	7	167	23.86
153	CUBA	UNIV ORIENTE	7	199	28.43
154	PANAMA	SMITHSONIAN TROP RES INST	7	567	81.00
155	BRAZIL	ESC POLITEC UNIV SAO PAULO	7	174	24.86
156	VENEZUELA	IBM CORP	7	277	39.57
157	BRAZIL	UNIV MOGI DAS CRUZES	7	189	27.00
158	P RICO	UNIV SAN JUAN	7	156	22.29
159	P RICO	NATL ASTRON IONOSPH CTR	6	289	48.17
160	CUBA	ACAD CIENCIAS CUBA	6	77	12.83
161	P RICO	ARECIBO OBSERV	6	529	88.17



162	P RICO	YALE SO OBSERV	6	231	38.50
163	PERU	UNIV NACL MAYOR SN MARCOS	6	139	23.17
164	CUBA	CTR EST APL DES ENERG NUCL	6	123	20.50
165	BRAZIL	UNIV CIDADE	6	150	25.00
166	MEXICO	UNIV DE LAS AMERICAS	6	217	36.17
167	ARGENTINA	INST FIS LIQ SIST BIOL	6	141	23.50
168	MEXICO	CTR NACL PREVEN DESASTRES	6	204	34.00
169	ARGENTINA	CTR REG ESTUD AVANZADOS	6	131	21.83
170	BRAZIL	UNIV FED VICOSA	6	170	28.33
171	BRAZIL	UNIV FED SERGIPE	6	403	67.17
172	CHILE	UNIV CAT VALPARAISO	6	143	23.83
173	BRAZIL	INST NACL PESQ	6	164	27.33
174	ARGENTINA	UNIV COMAHUE	6	169	28.17
175	BRAZIL	UNIV FED MATO GROSSO	6	164	27.33
176	BRAZIL	UNIV FED RURAL RIO JANEIRO	6	191	31.83
177	ARGENTINA	UNIV NACL NORDESTE	5	129	25.80
178	BRAZIL	CTR PAULA SOUZA CEETEPS	5	92	18.40
179	BRAZIL	INST FIS GLEB WATAGHIN	5	140	28.00
180	COSTA RICA	INST COSTARRICENSE ELECTR	5	185	37.00
181	BRAZIL	INST AGRON CAMPINAS	5	106	21.20
182	BRAZIL	UNIV CAT RIO DE JANEIRO	5	220	44.00
183	ARGENTINA	YACIMIENTOS PETROLIF FISCAL	5	247	49.40
184	BRAZIL	UNIV FED PELOTAS	5	246	49.20
185	ARGENTINA	OBSERV NAVAL BUENOS AIRES	5	278	55.60
186	CHILE	CTR FIS NO LINEAL SIST COMPL	5	114	22.80
187	BRAZIL	UNIV EST FEIRA DE SANTANA	5	135	27.00
188	BRAZIL	UNIV EST FLUMINENSE	5	110	22.00
189	CHILE	UNIV NACL ANDRES BELLO	5	163	32.60
190	CUBA	INST CIBERN MAT FIS	5	74	14.80
191	MEXICO	CTR INVEST OPT-MEX	5	129	25.80
192	MEXICO	COM FED ELECT	5	154	30.80
193	MEXICO	UNIV IBEROAM	5	111	22.20
194	MEXICO	INST ECOL	5	162	32.40
195	ARGENTINA	CORDOBA OBSERV	5	196	39.20
196	URUGUAY	FAC CIENCIAS	5	123	24.60
197	HONDURAS	UNIV HONDURAS	5	537	107.40
198	ARGENTINA	CTR REG INV CYT	5	142	28.40
199	ARGENTINA	INST FIS	5	234	46.80
200	ARGENTINA	INST APPL MECH	5	273	54.60
201	CHILE	CODELCO CHILE	4	91	22.75
202	ARGENTINA	COMPLEJO ASTRON LEONCITO	4	129	32.25
203	BRAZIL	MINIST CIENCIA & TECNOL	4	283	70.75
204	COLOMBIA	UNIV ANTONIO MARINO	4	112	28.00
205	ARGENTINA	INST FIS LA PLATA	4	111	27.75
206	MEXICO	CTR INVEST MATEMAT APL	4	78	19.50
207	BOLIVIA	ACAD NACL CIENCIAS	4	146	36.50

208	ARGENTINA	SERV GEOL NAACL	4	486	121.50
209	MEXICO	INST TEC EST SUP MONTERREY	4	155	38.75
210	ECUADOR	ESC POLITEC NATL QUITO	4	91	22.75
211	ECUADOR	ESC SUP POLITEC CHIMBORAZO	4	168	42.00
212	BRAZIL	LAFEX	4	80	20.00
213	URUGUAY	FAC CIENCIAS MONTEVIDEO	4	82	20.50
214	BOLIVIA	UNIV MAYOR SAN ANDRES	4	139	34.75
215	BRAZIL	UNIV FED RIO GRANDE NORTE	4	82	20.50
216	CUBA	CTR QUIM FARMACEUTICA	4	80	20.00
217	ARGENTINA	INTEC	4	115	28.75
218	VENEZUELA	UNIV METROPOLITANA	4	409	102.25
219	ARGENTINA	UNIV TECNOL NAACL	4	153	38.25
220	BRAZIL	SERV HIDROG OCEAN ARMADA	4	100	25.00
221	BOLIVIA	SERV GEOL BOLIVIA	4	136	34.00
222	ECUADOR	MISSION ORSTOM	4	110	27.50
223	PERU	UNIV NAACL TRUJILLO	4	99	24.75
224	ARGENTINA	MUSEO ARG CIENCIAS NAT	4	84	21.00
225	MEXICO	CTR INV MATER AV	4	185	46.25
226	ARGENTINA	UNIV NAACL JUJUY	4	158	39.50
227	ARGENTINA	UNIV NAACL PATAGONIA SN JUAN BOSCO	4	113	28.25
228	CHILE	MISSION ORSTOM	4	109	27.25
229	ARGENTINA	UNIV LOMAS DE ZAMORA	3	128	42.67
230	BOLIVIA	MISSION ORSTOM	3	172	57.33
231	CHILE	INST GEOG MILITAR	3	61	20.33
232	MEXICO	UNIV MONTERREY	3	57	19.00
233	CHILE	MIN ANGLO AMER CHILE LTD	3	91	30.33
234	BOLIVIA	OBSERV SAN CALIXTO	3	151	50.33
235	BARBADOS	UNIV W INDIES	3	79	26.33
236	BRAZIL	UNIV FED PIAUI	3	105	35.00
237	MEXICO	UNIV NAACL HEREDIA	3	108	36.00
238	ARGENTINA	CTR TECNOL REC MIN CERAM	3	72	24.00
239	BRAZIL	UNIV FED ITAJUBA	3	151	50.33
240	BRAZIL	UNIV EST PONTA GROSSA	3	99	33.00
241	MEXICO	INST TECNOL TOLUCA	3	57	19.00
242	BRAZIL	UNIV EST NORT FLUM	3	46	15.33
243	CHILE	DIRECC METEOROL CHILE	3	72	24.00
244	PERU	UNIV PIURA	3	87	29.00
245	ARGENTINA	UNIV NAACL ENTRE RIOS	3	56	18.67
246	BRAZIL	UNIV SOROCABA	3	62	20.67
247	BRAZIL	UNIV VALLE RIO SINOS	3	85	28.33
248	ARGENTINA	UNIV NAACL MAR DEL PLATA	3	67	22.33
249	CHILE	CTIO	3	411	137.00
250	MEXICO	INST ASTRON & METEOROL	3	58	19.33
251	MEXICO	UNIV COLIMA	3	60	20.00
252	ARGENTINA	UNIV NAACL GEN SAN MARTIN	3	60	20.00

253	ARGENTINA	CTR ECOFISIOLOGIA VEGETAL	3	150	50.00
254	ARGENTINA	PINMATE	3	61	20.33
255	CUBA	INST SUP PEDAG JAE	3	88	29.33
256	COSTA RICA	IBM CORP	3	111	37.00
257	ARGENTINA	CITEFA	3	85	28.33
258	VENEZUELA	INST INT ESTUDIOS AVANZADOS	3	209	69.67
259	CUBA	INST RES SUGAR CANE DERIVAT	3	60	20.00
260	ARGENTINA	UNIV FAVALORO	3	76	25.33
261	CHILE	REFINERIA PETR CONCON SA	3	56	18.67
262	BRAZIL	INST NACL INV AMAZONIAN	3	80	26.67
263	URUGUAY	INST INV BIOL CLEMENTE E	3	62	20.67
264	VENEZUELA	MARAVEN SA	3	199	66.33
265	URUGUAY	FAC HUMANIDADES & CIENCIAS	3	96	32.00
266	BRAZIL	INST PESQ TECN EST S PAULO	3	73	24.33
267	VENEZUELA	CTR INV ASTRON FCO J DUARTE	3	192	64.00
268	CUBA	CTR APL TECNOL DES NUCL	3	51	17.00
269	BRAZIL	CTR UNIV FRANCISCANO	3	64	21.33
270	BRAZIL	RIO DOCE GEOL & MINERIA	3	98	32.67
271	CHILE	UNIV AUSTRAL CHILE	3	114	38.00
272	BOLIVIA	YACIM PETR FISC BOLIVIANOS	3	203	67.67
273	P RICO	OBSERV ASTR FELIX AGUILAR	3	148	49.33
274	ARGENTINA	PROFOEG	3	171	57.00
275	BRAZIL	BP MINERACAO LTDA	3	95	31.67

Fuente: Web of Science, 1973-2005

## Anexo 2

### Ciudades e instituciones sedes de los trabajos generados en las ciencias físicas en ALyC: 1973-2005.

CLAVE-CIUDAD	PAIS	CIUDAD	No. INSTITUCIONES*
1	ARGENTINA	BARILOCHE	2
2	ARGENTINA	BERNAL	1
3	ARGENTINA	BUENOS AIRES	87
4	ARGENTINA	CORDOBA	5
5	ARGENTINA	CORRIENTES	2
6	ARGENTINA	GONNET	1
7	ARGENTINA	LA PLATA	23
8	ARGENTINA	LOMAS DE ZAMORA	1
9	ARGENTINA	LUJAN	1
10	ARGENTINA	MAR DEL PLATA	1
11	ARGENTINA	MENDOZA	3
12	ARGENTINA	NOGALES	1
13	ARGENTINA	PUERTO MADRYN	1
14	ARGENTINA	RIO NEGRO	7
15	ARGENTINA	ROSARIO	2
16	ARGENTINA	SALTA	1
17	ARGENTINA	SAN LUIS	5
18	ARGENTINA	SAN MIGUEL	2
19	ARGENTINA	SAN RAFAEL	1
20	ARGENTINA	SANTA FE	8
21	ARGENTINA	SANTIAGO ESTERO	1
22	ARGENTINA	T DEL FUEGO	1
23	ARGENTINA	TANDIL	1
24	ARGENTINA	TUCUMAN	3
25	BAHAMAS	NASSAU	2
26	BARBADOS	BRIDGETOWN	4
27	BOLIVIA	LA PAZ-B	12
28	BOLIVIA	SANTA CRUZ	1
29	BRAZIL	AMAZONAS	2
30	BRAZIL	ARARAQUARA	2
31	BRAZIL	BAHIA	1
32	BRAZIL	BELEM	4
33	BRAZIL	BELO HORIZONTE	8
34	BRAZIL	BOTAFOGO	1
35	BRAZIL	BRASILIA	11
36	BRAZIL	CAMPINAS	6
37	BRAZIL	CEARA	3
38	BRAZIL	CUIABA	1
39	BRAZIL	CURACAO	1

40	BRAZIL	CURITIBA	1
41	BRAZIL	FEIRA DE SANTANA	1
42	BRAZIL	FLORIANOPOLIS	2
43	BRAZIL	FORTALEZA	1
44	BRAZIL	GOIANIA	2
45	BRAZIL	GUAIBA	1
46	BRAZIL	IIHEUS	1
47	BRAZIL	ITABIRA	1
48	BRAZIL	ITAJUBA	2
49	BRAZIL	JOAO PESSOA	1
50	BRAZIL	JOSE CAMPOS	1
51	BRAZIL	JUIZ DE FORA	1
52	BRAZIL	LABRAS	1
53	BRAZIL	LONDRINA	1
54	BRAZIL	MACEIO	2
55	BRAZIL	MANAUS	2
56	BRAZIL	MINAS GERAIS	1
57	BRAZIL	MOSSORO	1
58	BRAZIL	NATAL	3
59	BRAZIL	NITEROI	1
60	BRAZIL	OURO PRETO	1
61	BRAZIL	PARA	1
62	BRAZIL	PARAIBA	2
63	BRAZIL	PARANA	7
64	BRAZIL	PAULINA	1
65	BRAZIL	PELOTAS	1
66	BRAZIL	PEREIRA	1
67	BRAZIL	PERNAMBUCO	1
68	BRAZIL	PETROPOLIS	1
69	BRAZIL	PIAUI	1
70	BRAZIL	PONTA GROSSA	3
71	BRAZIL	PORTO ALEGRE	3
72	BRAZIL	RECIFE	1
73	BRAZIL	RIBEIRAO PRETO	1
74	BRAZIL	RIO CLARO	1
75	BRAZIL	RIO DE JANEIRO	36
76	BRAZIL	RIO GRANDE	2
77	BRAZIL	RIO PRETO	1
78	BRAZIL	RONDONIA	2
79	BRAZIL	SALVADOR	3
80	BRAZIL	SANTA CATARINA	2
81	BRAZIL	SANTA MARIA	4
82	BRAZIL	SAO CARLOS	4
83	BRAZIL	SAO CRISTOVAO	1
84	BRAZIL	SAO JOAO DEL REY	1
85	BRAZIL	SAO JOSE DOS CAMPOS	10

86	BRAZIL	SAO LEOPOLDO	2
87	BRAZIL	SAO LUIS	1
88	BRAZIL	SAO PAULO	45
89	BRAZIL	SERGIPE	2
90	BRAZIL	SOROCABA	1
91	BRAZIL	UBERLANDIA	1
92	BRAZIL	VALPARAISO	3
93	BRAZIL	VICOSA	2
94	BRAZIL	VITORIA	1
95	COLOMBIA	BOGOTA	10
96	COLOMBIA	BUCARAMANGA	1
97	COLOMBIA	CALI	2
98	COLOMBIA	CARTAGENA	1
99	COLOMBIA	MEDELLIN	4
100	COLOMBIA	NEIVA	1
101	COLOMBIA	PASTO	1
102	COLOMBIA	POPOYAN	2
103	COLOMBIA	R PACIFCO	1
104	COSTA RICA	SAN JOSE	6
105	COSTA RICA	SAN PEDRO	1
106	CUBA	CAMAGUEY	1
107	CUBA	LA HABANA	23
108	CUBA	MATANZAS	1
109	CUBA	PINAR DEL RIO	1
110	CUBA	SANTA CLARA	1
111	CUBA	SANTIAGO DE CUBA	3
112	CHILE	ANTOFAGASTA	6
113	CHILE	ARICA	1
114	CHILE	CONCEPCION	3
115	CHILE	COPIAPO	1
116	CHILE	COQUIMBO	1
117	CHILE	CHUQUICAMATA	1
118	CHILE	EL SALVADOR	1
119	CHILE	IQUIQUE	1
120	CHILE	LA PALMA	1
121	CHILE	LA SERENA	8
122	CHILE	PUERTO MONTT	1
123	CHILE	PUNTA ARENAS	1
124	CHILE	RANCAGUA	2
125	CHILE	SAN CARLOS APOQUINDO	1
126	CHILE	SANTIAGO	33
127	CHILE	VALDIVIA	2
128	CHILE	VALPARAISO	3
129	DOMINICANA	ROSEAU	1
130	DOMINICANA	SANTO DOMINGO	2
131	ECUADOR	GUAYAQUIL	1

132	ECUADOR	PUERTO AYORA	1
133	ECUADOR	QUITO	8
134	ECUADOR	RIOBAMBA	1
135	GRENADA	ST GEORGES	1
136	GUATEMALA	GUATEMALA	3
137	HONDURAS	SIGUATEPEQUE	1
138	HONDURAS	TEGUCIGALPA	1
139	JAMAICA	KINGSTON	2
140	JAMAICA	MONA	1
141	MEXICO	AGUASCALIENTES	2
142	MEXICO	BAJA CALIFORNIA	1
143	MEXICO	CD MADERO	1
144	MEXICO	COAHUILA	1
145	MEXICO	COLIMA	1
146	MEXICO	CORTAZAR	1
147	MEXICO	CUAUTITLAN	2
148	MEXICO	CUERNAVACA	12
149	MEXICO	CULIACAN	2
150	MEXICO	CHAPINGO	2
151	MEXICO	CHIHUAHUA	2
152	MEXICO	CHOLULA	2
153	MEXICO	DF	38
154	MEXICO	ECATEPEC	4
155	MEXICO	ENSENADA	6
156	MEXICO	GARZA GARCIA	2
157	MEXICO	GUADALAJARA	8
158	MEXICO	GUANAJUATO	7
159	MEXICO	HEREDIA	1
160	MEXICO	HERMOSILLO	2
161	MEXICO	LA PAZ-M	1
162	MEXICO	LINARES	1
163	MEXICO	MANZANILLO	1
164	MEXICO	MERIDA-M	3
165	MEXICO	METEPEC	1
166	MEXICO	MONTERREY	2
167	MEXICO	MORELIA	4
168	MEXICO	NUEVO LEON	2
169	MEXICO	PACHUCA	1
170	MEXICO	PUEBLA	4
171	MEXICO	QUERETARO	2
172	MEXICO	SALAMANCA	1
173	MEXICO	SALAZAR	1
174	MEXICO	SALTILLO	3
175	MEXICO	SAN LUIS POTOSI	3
176	MEXICO	SAN PATRICIO-JAL	1
177	MEXICO	SINALOA	1

178	MEXICO	TAXCO	1
179	MEXICO	TEMIXCO	2
180	MEXICO	TIJUANA	2
181	MEXICO	TLALNEPANTLA	1
182	MEXICO	XALAPA	1
183	MEXICO	ZACATECAS	1
184	NICARAGUA	MANAGUA	3
185	PANAMA	BALBOA	1
186	PANAMA	PANAMA	3
187	PERU	AREQUIPA	2
188	PERU	HUANCAYO	2
189	PERU	HUARAZ	1
190	PERU	LIMA	16
191	PERU	PIURA	1
192	PERU	SAN MARTIN	2
193	PERU	TRUJILLO	1
194	PUERTO RICO	ARECIBO	4
195	PUERTO RICO	HUMACAO	1
196	PUERTO RICO	MAYAGUEZ	2
197	PUERTO RICO	PONCE	1
198	PUERTO RICO	RIO PIEDRAS	3
199	PUERTO RICO	SAN GERMAN	1
200	PUERTO RICO	SAN JUAN	7
201	URUGUAY	MONTEVIDEO	13
202	VENEZUELA	ALTOS DE PIPE	1
203	VENEZUELA	CARACAS	20
204	VENEZUELA	LOS TEQUES	1
205	VENEZUELA	MARACAIBO	1
206	VENEZUELA	MERIDA-V	5
207	VENEZUELA	RORAIMA	1
208	VENEZUELA	SARTENEJAS	1

**Fuente: Web of Science, 1973-2005**

\*El conteo incluye duplicados del nombre de las instituciones en una misma ciudad.



**Anexo 3****Países de América Latina y el Caribe.**

CLAVE	PAISES
1	Antigua y Barbuda
2	Argentina
3	Aruba
4	Bahamas
5	Barbados
6	Belice
7	Bolivia
8	Brasil
9	Chile
10	Colombia
11	Costa Rica
12	Cuba 8
13	Dominica
14	Ecuador
15	El Salvador
16	Grenada
17	Guadalupe
18	Guatemala
19	Guyana
20	Guyana Francesa
21	Haití
22	Honduras
23	Islas Caimán
24	Islas Turcas y Caicos
25	Islas Vírgenes
26	Jamaica
27	Martinica
28	México
29	Nicaragua
30	Panamá
31	Paraguay
32	Perú

33	Puerto Rico
34	República Dominicana
35	San Bartolomé
36	San Cristóbal
37	San Vicente
38	Santa Lucía
39	Surinam
40	Trinidad y Tobago
41	Uruguay
42	Venezuela

## Anexo 4

### Nombre y abreviaturas de la instituciones con mayor producción en física en ALyC, 1973-2005.

No.	ABREVIATURA	NOMBRE
1	ACAD CIENCIAS CUBA	ACADEMIA CIENCIAS CUBA
2	ACAD NAACL CIENCIAS	ACADEMIA NACIONAL CIENCIAS
3	ARECIBO OBSERV	ARECIBO OBSERVATORIO
4	BEN UNIV AUT PUEBLA	BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA PUEBLA
5	BP MINERACAO LTDA	BRITISH PETROLEUM MINERACAO LTDA
6	CINVESTAV	CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS AVANZADOS
7	CITEFA	CENTRO DE INVESTIGACION TECNICA FUERZAS ARMADAS
8	CODELCO CHILE	CORPORACION NACIONAL DEL COBRE
9	COM FED ELECT	COMISION FEDERAL ELECTRICIDAD
10	COM INV CIENT PROV B AIRES	COMITÉ DE INVESTIGACION CIENTIFICA BUENOS AIRES
11	COM NAACL INV ESPACIALES	COMISION NACIONAL INVESTIGACIONES ESPACIALES
12	COM-GRAL TECNOL AEROESP	COMISION GENERAL TECNOLOGICO AEROESPACIAL
13	COMIS NAACL ENERGIA ATOM	COMISION NACIONAL ENERGIA ATOMICA
14	COMIS NAACL ENERGIA NUCL	COMISION NACIONAL ENERGIA NUCLEAR
15	COMPLEJO ASTRON LEONCITO	COMPLEJO ASTRONOMICICO LEONCITO
16	CONICET	CONSEJO NACIONAL INVESTIGACIONES CIENTIFICAS TECNICAS
17	CORDOBA OBSERV	CORDOBA OBSERVATORIO
18	CTIO	CERRO TOLOLO INTER-AMERICAN OBSERVATORY
19	CTR APL TECNOL DES NUCL	CENTRO APLICADO TECNOLOGIA DESARROLLO NUCLEAR
20	CTR ATOM BARILOCHE	CENTRO ATOMICO BARILOCHE
21	CTR BRAS PESQ FIS	CENTRO BRASILEIRO PESQUISAS FISICAS
22	CTR ECOFISIOLOGIA VEGETAL	CENTRO ECOLOGIA VEGETAL
23	CTR ENERG NUCL AGR	CENTRO ENERGIA NUCLEAR AGRICULTURA
24	CTR EST APL DES ENERG NUCL	CENTRO ESTATAL APLICADO DESARROLLO ENERGIA NUCLEAR

25	CTR ESTUDIOS CIENT SANTIAGO	CENTRO ESTUDIOS CIENTIFICOS SANTIAGO
26	CTR FIS NO LINEAL SIST COMPL	CENTRO FISICA NO LINEAL SISTEMAS COMPLEJOS
27	CTR INT CIENCIAS AC	CENTRO INTERNACIONAL CIENCIAS AC
28	CTR INV ASTRON FCO J DUARTE	CENTRO INVESTIGACION ASTRONOMICA FRANCISCO J DUARTE
29	CTR INV CIENC ED SUP ENSEN	CENTRO INVESTIGACION CIENTIFICA EDUCACION SUPERIOR
30	CTR INV MATER AV	CENTRO INVESTIGACION MATERIALES AVANZADOS
31	CTR INV OPT-MEX	CENTRO DE INVESTIGACION EN OPTICA-MEXICO
32	CTR INVEST ASTRON CIDA	CENTRO INVESTIGACION ASTRONOMIA CIDA
33	CTR INVEST DES PROC CATALIT	CENTRO INVESTIGACION DESARROLLO CATALISIS
34	CTR INVEST MATEMAT APL	CENTRO INVESTIGACION MATEMATICA APLICADA
35	CTR INVEST OPT	CENTRO DE INVESTIGACION EN OPTICA
36	CTR INVEST QUIM	CENTRO INVESTIGACION QUIMICA
37	CTR INVESTIGACION SISM AC	CENTRO INVESTIGACION SISMICA AC
38	CTR NACL INV CIENT	CENTRO NACIONAL INVESTIGACION CIENTIFICA
39	CTR NACL PREVEN DESASTRES	CENTRO NACIONAL PREVENCION DESASTRES
40	CTR PAULA SOUZA CEETEPS	CENTRO PAULA SOUZA CEETEPS
41	CTR QUIM FARMACEUTICA	CENTRO QUIMICA FARMACEUTICA
42	CTR REG ESTUD AVANZADOS	CENTRO REG ESTUDIOS AVANZADOS
43	CTR REG INV CYT	CENTRO REGIONAL INVESTIGACION CIENCIA TECNOLOGIA
44	CTR TECN AEROESP	CENTRO TECNOLOGICO AEROESPACIAL
45	CTR TECNOL REC MIN CERAM	CENTRO TECNOLOGICO RECURSOS MINERALES
46	CTR UNIV FRANCISCANO	CENTRO UNIVERSIDAD FRANCISCANO
47	DIRECC METEOROL CHILE	DIRECCION METEOROLOGICA CHILE
48	EL COLEGIO NACL	EL COLEGIO NACIONAL
49	EMBRAPA	EMBRAPA
50	ESC FED ENGN ITAJUBA	ESCUELA FEDERAL INGENIERIA ITAJUBA
51	ESC POLITEC NATL QUITO	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL QUITO
52	ESC POLITEC UNIV SAO PAULO	ESCOLA POLITECNICA UNIVERSIDAD SAO PAULO

53	ESC SUP POLITEC CHIMBORAZO	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA CHIMBORAZO
54	EUROP SO OBSERV LA SILLA	EUROPEAN SOUTHER OBSERVATORY LA SILLA
55	FAC CIENCIAS	FACULTAD CIENCIAS MONTEVIDEO
56	FAC HUMANIDADES & CIENCIAS	FACULTAD HUMANIDADES CIENCIAS
57	FUND CTR TEC MINAS GERAIS	FUNDACION CENTRO TECNOLOGICO MINAS GERAIS
58	GEMINI OBSERV	GEMINI OBSERVATORIO
59	IBM CORP	IBM CORPORATION
60	INGEOMINAS	INGEOMINAS
61	INST AGRON CAMPINAS	INSTITUTO AGRONOMIA CAMPINAS
62	INST ANTARTICO ARGENTINO	INSTITUTO ANTARTICO ARGENTINO
63	INST APPL MECH	INSTITUTO MECANICA APLICADA
64	INST ARGEN RADIOASTRON	INSTITUTO ARGEN RADIOASTRON
65	INST ASTRON & FIS ESPACIO	INSTITUTO ASTRONOMIA FISICA ESPACIO
66	INST ASTRON & GEOFIS	INSTITUTO ASTRONOMIA & GEOFISICA
67	INST ASTRON & METEOROL	INSTITUTO ASTRONOMIA & METEOROLOGIA
68	INST BALSEIRO	INSTITUTO BALSEIRO
69	INST CIBERN MAT FIS	INSTITUTO CIBERNETICA MATEMATICA FISICA
70	INST COSTARRICENSE ELECTR	INSTITUTO COSTARRICENSE ELECTRICIDAD
71	INST DES TECNOL IND QUIM	INSTITUTO DESARROLLO TECNOLOGICO INDUSTRIA QUIMICA
72	INST ECOL	INSTITUTO ECOLOGIA
73	INST ESTUDIOS AVANZADOS	INSTITUTO ESTUDIOS AVANZADOS
74	INST FIS	INSTITUTO FISICA-ARGENTINA
75	INST FIS & QUIM SAO CARLOS	INSTITUTO FISICA QUIM SAO CARLOS
76	INST FIS GLEB WATAGHIN	INSTITUTO FISICA GLEB WATAGHIN
77	INST FIS LA PLATA	INSTITUTO FISICA LA PLATA
78	INST FIS LIQ SIST BIOL	INSTITUTO FISICA LIQUIDOS SISTEMAS BIOLOGICOS
79	INST FIS ROSARIO	INSTITUTO FISICA ROSARIO
80	INST FIS TEOR	INSTITUTO FISICA TEORICA
81	INST GEOFIS PERU	INSTITUTO GEOFISICA PERU

<b>82</b>	INST GEOG MILITAR	INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR
<b>83</b>	INST INT ESTUDIOS AVANZADOS	INSTITUTO INTERNO ESTUDIOS AVANZADOS
<b>84</b>	INST INV BIOL CLEMENTE E	INSTITUTO INVESTIGACIONES BIOLOGICAS CLEMENTE E
<b>85</b>	INST INV CATAL PETROQUIM	INSTITUTO INVESTIGACION CATALISIS PETROLEOQUIMICA
<b>86</b>	INST INV ELECT	INSTITUTO INVESTIGACION ELECTRICA
<b>87</b>	INST INV FIS QUIM TEOR APL	INSTITUTO INV FISICA QUIM TEOR APL
<b>88</b>	INST INV FIS-QUIM TEOR APL	INSTITUTO INVESTIGACION FISICA-QUIMICA TEORICA APLICADA
<b>89</b>	INST INVEST GEOL	INSTITUTO INVESTIGACION GEOLOGIAOGIA
<b>90</b>	INST ISAAC NEWTON	INSTITUTO ISAAC NEWTON
<b>91</b>	INST MAT PURA & APLICADA	INSTITUTO MATEMATICAS PURA & APLICADA
<b>92</b>	INST MEX PETROL	INSTITUTO MEXICANO PETROLEO
<b>93</b>	INST MIL ENGENHARIA	INSTITUTO MILITAR INGENIERIA
<b>94</b>	INST NACL ASTROF OPT ELECT	INSTITUTO NACIONAL ASTROFISICA OPTICA ELECTRICA
<b>95</b>	INST NACL INV AMAZONIAN	INSTITUTO NACIONAL INVESTIGACION AMAZONIAN
<b>96</b>	INST NACL INV NUCL	INSTITUTO NACIONAL INVESTIGACION NUCLEAR
<b>97</b>	INST NACL PESQ	INSTITUTO NACIONAL PESQUISAS
<b>98</b>	INST NACL PESQ ESPACIAIS	INSTITUTO NACIONAL PESQUISAS ESPACIAIS
<b>99</b>	INST NACL TECNOL	INSTITUTO NACIONAL TECNOLOGICO
<b>100</b>	INST PESQ ENERG & NUCL	INSTITUTO PESQUISAS ENERGIA NUCLEAR
<b>101</b>	INST PESQ TECN EST S PAULO	INSTITUTO PESQUISAS TECNOLOGICAS ESTADUAL SAO PAULO
<b>102</b>	INST POLITEC NACL	INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
<b>103</b>	INST POTOSINO INV CyT	INSTITUTO POTOSINO INVESTIGACION CIENCIA TECNOLOGIA
<b>104</b>	INST RES SUGAR CANE DERIVAT	INSTITUTE RESEARCH SUGAR CANE DERIVAT
<b>105</b>	INST SUP C&T NUCL	INSTITUTO SUPERIOR CIENCIAS TECNOLOGIAS NUCLEARS
<b>106</b>	INST SUP PEDAG EJV	INSTITUTO SUPERIOR PEDAGOGICO ENRIQUE JOSE VARONA
<b>107</b>	INST TEC EST SUP MONTERREY	INSTITUTO TECNOLOGICO ESTUDIOS SUPERIORES MONTERREY
<b>108</b>	INST TECNOL AERONAUT	INSTITUTO TECNOLOGICO AERONAUTICA
<b>109</b>	INST TECNOL	INSTITUTO TECNOLOGICO TOLUCA

TOLUCA		
110	INST VENEZOLANO INV CIENT	INSTITUTO VENEZOLANO INVESTIGACION CIENTIFICA
111	INTEC	INSTITUTO DE TECNOLOGIA
112	INTEVEP SA	INTEVEP SA
113	LAB NAEL ASTROFIS	LABORATORIO NACIONAL ASTROFISICA
114	LAB NAEL LUZ SINCROTON	LABORATORIO NACIONAL LUZ SINCROTON
115	LAFEX	LAFEX
116	MARAVEN SA	MARAVEN SA
117	MIN ANGLO AMER CHILE LTD	MINERA ANGLO AMERICAN CHILE LTD
118	MINIST CIENCIA & TECNOL	MINISTERIO CIENCIA TECNOLOGIA
119	MISSION ORSTOM	MISSION ORSTOM
120	MUSEO ARG CIENCIAS NAT	MUSEO ARGENTINO CIENCIAS NATURALES
121	MUSEO CIENC NAT LA PLATA	MUSEO CIENCIAS NATURALES LA PLATA
122	NATL ASTRON IONOSPH CTR	NATIONAL ASTRONOMY IONOSPHERE CENTRE
123	OBSERV ASTR FELIX AGUILAR	OBSERVATORIO ASTRONOMICO FELIX AGUILAR
124	OBSERV ASTRON	OBSERVATORIO ASTRONOMICO
125	OBSERV CARNEG I WASHINGTON	OBSERVATORY CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON
126	OBSERV INTERAM C TOLOLO	OBSERVATORIO INTER AMERICANO CERRO TOLOLO
127	OBSERV NAEL RIO JANEIRO	OBSERVATORIO NACIONAL RIO JANEIRO
128	OBSERV NAVAL BUENOS AIRES	OBSERVATORIO NAVAL BUENOS AIRES
129	OBSERV SAN CALIXTO	OBSERVATORIO SAN CALIXTO
130	P RICO NUCL CTR	CENTRO NUCLEAR PUERTO RICO
131	PETROBRAS SA	PETROLEO BRASILEIRO SA
132	PINMATE	PROGRAMA INVESTIGACION Y DESARROLLO DE FUENTES ALTERNATIVAS DEMATERIAS PRIMAS Y ENERGIA
133	PLAPIQUI	PLANTA PILOTO INGENIERIA QUIMICA
134	PONT UNIV CAT CH	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA CHILE
135	PONT UNIV CAT PERU	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA PERU
136	PONT UNIV CAT RIO	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA RIO DE JANEIRO
137	PROFOEG	PROGRAMA FOTOMETRIA ESTRUCTURA GALACTICA
138	PROGR FOTOM EST GALAC	PROGRAMA FOTOMETRIA ESTRUCTURA GALACTICA

<b>139</b>	RADIO OBSERV JICAMARCA	RADIO OBSERVATORIO JICAMARCA
<b>140</b>	REFINERIA PETR CONCON SA	REFINERIA PETROLEO CONCON SA
<b>141</b>	RIO DOCE GEOL & MINERIA	RIO DOCE GEOLOGIA & MINERIA
<b>142</b>	SERV GEOL BOLIVIA	SERVICIO GEOLOGIA BOLIVIA
<b>143</b>	SERV GEOL NACL	SERVICIO GEOLOGIA NACIONAL
<b>144</b>	SERV HIDROG OCEAN ARMADA	SERVICIO HIDROGRAFIA OCEANICA ARMADA
<b>145</b>	SERV NACL GEOL & MINERIA	SERVICI NACIONAL GEOLOGIA & MINERIA
<b>146</b>	SMITHSONIAN TROP RES INST	SMITHSONIAN TROPICAL RESARCH INSTITUTE
<b>147</b>	TELEBRAS SA	TELE BRASILEIRO SA
<b>148</b>	UNIV ANTIOQUIA	UNIVERSIDAD ANTIOQUIA
<b>149</b>	UNIV ANTONIO MARINO	UNIVERSIDAD ANTONIO MARINO
<b>150</b>	UNIV AUSTRAL CHILE	UNIVERSIDAD AUSTRAL CHILE
<b>151</b>	UNIV AUT BAJA CALIF	UNIVERSIDAD AUTONOMA BAJA CALIFORNIA
<b>152</b>	UNIV AUT EST MORELOS	UNIVERSIDAD AUTONOMA ESTATAL MORELOS
<b>153</b>	UNIV AUT METROPOL	UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOL
<b>154</b>	UNIV AUT NUEVO LEON	UNIVERSIDAD AUTONOMA NUEVO LEON
<b>155</b>	UNIV AUT SAN LUIS POTOSI	UNIVERSIDAD AUTONOMA SAN LUIS POTOSI
<b>156</b>	UNIV AUT ZACATECAS	UNIVERSIDAD AUTONOMA ZACATECAS
<b>157</b>	UNIV BRASILIA	UNIVERSIDAD BRASILEIRA
<b>158</b>	UNIV BUENOS AIRES	UNIVERSIDAD BUENOS AIRES
<b>159</b>	UNIV CAT NORTE	UNIVERSIDAD CATOLICA NORTE
<b>160</b>	UNIV CAT RIO DE JANEIRO	UNIVERSIDAD CATOLICA RIO DE JANEIRO
<b>161</b>	UNIV CAT VALPARAISO	UNIVERSIDAD CAT VALPARAISO
<b>162</b>	UNIV CENT VENEZUELA	UNIVERSIDAD CENTRAL VENEZUELA
<b>163</b>	UNIV CHILE	UNIVERSIDAD CHILE
<b>164</b>	UNIV CIDADE	UNIVERSIDADE CIDADE SAO PAULO
<b>165</b>	UNIV COLIMA	UNIVERSIDAD COLIMA
<b>166</b>	UNIV COMAHUE	UNIVERSIDAD COMAHUE
<b>167</b>	UNIV COSTA RICA	UNIVERSIDAD COSTA RICA
<b>168</b>	UNIV DE LAS	UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS



AMERICAS		
169	UNIV DEL VALLE COL	UNIVERSIDAD DEL VALLE COLOMBIA
170	UNIV EST CAMPINAS	UNIVERSIDAD ESTADUAL CAMPINAS
171	UNIV EST FEIRA DE SANTANA	UNIVERSIDAD ESTADUAL FEIRA DE SANTANA
172	UNIV EST FLUMINENSE	UNIVERSIDAD ESTADUAL FLUMINENSE
173	UNIV EST LONDRINA	UNIVERSIDAD ESTADUAL LONDRINA
174	UNIV EST MARINGA	UNIVERSIDAD ESTADUAL MARINGA
175	UNIV EST NORT FLUM	UNIVERSIDAD ESTADUAL NORTE FLUMINENSE
176	UNIV EST PAULISTA	UNIVERSIDAD ESTADUAL PAULISTA
177	UNIV EST PONTA GROSSA	UNIVERSIDAD ESTADUAL PONTA GROSSA
178	UNIV EST RIO DE JANEIRO	UNIVERSIDAD ESTADUAL RIO DE JANEIRO
179	UNIV EST SAO PAULO	UNIVERSIDAD ESTADUAL SAO PAULO
180	UNIV FAVALORO	UNIVERSIDAD FAVALORO
181	UNIV FED ALAGOAS	UNIVERSIDAD FEDERAL ALAGOAS
182	UNIV FED BAHIA	UNIVERSIDAD FEDERAL BAHIA
183	UNIV FED CEARA	UNIVERSIDAD FEDERAL CEARA
184	UNIV FED ESPIRITO SANTO	UNIVERSIDAD FEDERAL ESPIRITO SANTO
185	UNIV FED FLUMINENSE	UNIVERSIDAD FEDERAL FLUMINENSE
186	UNIV FED GOIAS	UNIVERSIDAD FEDERAL GOIAS
187	UNIV FED ITAJUBA	UNIVERSIDAD FEDERAL ITAJUBA
188	UNIV FED JUIZ DE FORA	UNIVERSIDAD FEDERAL JUIZ DE FORA
189	UNIV FED MATO GROSSO	UNIVERSIDAD FEDERAL MATO GROSSO
190	UNIV FED MINAS GERAIS	UNIVERSIDAD FEDERAL MINAS GERAIS
191	UNIV FED OURO PRETO	UNIVERSIDAD FEDERAL OURO PRETO
192	UNIV FED PARA	UNIVERSIDAD FEDERAL PARA
193	UNIV FED PARAIBA	UNIVERSIDAD FEDERAL PARAIBA
194	UNIV FED PARANA	UNIVERSIDAD FEDERAL PARANA
195	UNIV FED PELOTAS	UNIVERSIDAD FEDERAL PELOTAS
196	UNIV FED PERNAMBUCO	UNIVERSIDAD FEDERAL PERNAMBUCO
197	UNIV FED PIAUI	UNIVERSIDAD FEDERAL PIAUI

<b>198</b>	UNIV FED RIO GRANDE NORTE	UNIVERSIDAD FEDERAL RIO GRANDE NORTE
<b>199</b>	UNIV FED RIO GRANDE SUL	UNIVERSIDAD FEDERAL RIO GRANDE DO SUL
<b>200</b>	UNIV FED RIO JANEIRO	UNIVERSIDAD FEDERAL RIO JANEIRO
<b>201</b>	UNIV FED RURAL RIO JANEIRO	UNIVERSIDAD FEDERAL RURAL RIO JANEIRO
<b>202</b>	UNIV FED SANTA CATARINA	UNIVERSIDAD FEDERAL SANTA CATARINA
<b>203</b>	UNIV FED SANTA MARIA	UNIVERSIDAD FEDERAL SANTA MARIA
<b>204</b>	UNIV FED SAO CARLOS	UNIVERSIDAD FEDERAL SAO CARLOS
<b>205</b>	UNIV FED SAO PAULO	UNIVERSIDAD FEDERAL SAO PAULO
<b>206</b>	UNIV FED SERGIPE	UNIVERSIDAD FEDERAL SERGIPE
<b>207</b>	UNIV FED UBERLANDIA	UNIVERSIDAD FEDERAL UBERLANDIA
<b>208</b>	UNIV FED VICOSA	UNIVERSIDAD FEDERAL VICOSA
<b>209</b>	UNIV GUADALAJARA	UNIVERSIDAD GUADALAJARA
<b>210</b>	UNIV GUANAJUATO	UNIVERSIDAD GUANAJUATO
<b>211</b>	UNIV HONDURAS	UNIVERSIDAD HONDURAS
<b>212</b>	UNIV IBEROAM	UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
<b>213</b>	UNIV LA HABANA	UNIVERSIDAD LA HABANA
<b>214</b>	UNIV LA SERENA	UNIVERSIDAD LA SERENA
<b>215</b>	UNIV LITORAL	UNIVERSIDAD LITORAL
<b>216</b>	UNIV LOMAS DE ZAMORA	UNIVERSIDAD LOMAS DE ZAMORA
<b>217</b>	UNIV LOS ANDES	UNIVERSIDAD LOS ANDES
<b>218</b>	UNIV LOS ANDES-COL	UNIVERSIDAD LOS ANDES-COLOMBIA
<b>219</b>	UNIV MACKENZIE	UNIVERSIDAD MACKENZIE
<b>220</b>	UNIV MAYOR SAN ANDRES	UNIVERSIDAD MAYOR SAN ANDRES
<b>221</b>	UNIV METROPOLITANA	UNIVERSIDAD METROPOLITANA
<b>222</b>	UNIV MICHOACANA SNH	UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO
<b>223</b>	UNIV MOGI DAS CRUZES	UNIVERSIDAD MOGI DAS CRUZES
<b>224</b>	UNIV MONTERREY	UNIVERSIDAD MONTERREY
<b>225</b>	UNIV NACL ANDRES BELLO	UNIVERSIDAD NACIONAL ANDRES BELLO
<b>226</b>	UNIV NACL AUT MEX	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA MEXICO

<b>227</b>	UNIV NACL COL	UNIVERSIDAD NACIONAL COLOMBIA
<b>228</b>	UNIV NACL CORDOBA	UNIVERSIDAD NACIONAL CORDOBA
<b>229</b>	UNIV NACL CUYO	UNIVERSIDAD NACIONAL CUYO
<b>230</b>	UNIV NACL ENTRE RIOS	UNIVERSIDAD NACIONAL ENTRE RIOS
<b>231</b>	UNIV NACL GEN SAN MARTIN	UNIVERSIDAD NACIONAL GENERAL SAN MARTIN
<b>232</b>	UNIV NACL HEREDIA	UNIVERSIDAD NACIONAL HEREDIA
<b>233</b>	UNIV NACL INGN	UNIVERSIDAD NACIONAL INGENIERIA
<b>234</b>	UNIV NACL JUJUY	UNIVERSIDAD NACIONAL JUJUY
<b>235</b>	UNIV NACL LA PLATA	UNIVERSIDAD NACIONAL LA PLATA
<b>236</b>	UNIV NACL LITORAL	UNIVERSIDAD NACIONAL LITORAL
<b>237</b>	UNIV NACL MAR DEL PLATA	UNIVERSIDAD NACIONAL MAR DEL PLATA
<b>238</b>	UNIV NACL MAYOR SN MARCOS	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR SAN MARCOS
<b>239</b>	UNIV NACL NORDESTE	UNIVERSIDAD NACIONAL NORESTE
<b>240</b>	UNIV NACL PATAGONIA SN JUAN BOSCO	UNIVERSIDAD NACIONAL PATAGONIA SAN JUAN BOSCO
<b>241</b>	UNIV NACL ROSARIO	UNIVERSIDAD NACIONAL ROSARIO
<b>242</b>	UNIV NACL SALTA	UNIVERSIDAD NACIONAL SALTA
<b>243</b>	UNIV NACL SAN LUIS	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS
<b>244</b>	UNIV NACL SUR	UNIVERSIDAD NACIONAL SUR
<b>245</b>	UNIV NACL TRUJILLO	UNIVERSIDAD NACIONAL TRUJILLO
<b>246</b>	UNIV NACL TUCUMAN	UNIVERSIDAD NACIONAL TUCUMAN
<b>247</b>	UNIV ORIENTE	UNIVERSIDAD ORIENTE
<b>248</b>	UNIV P RICO	UNIVERSIDAD PUERTO RICO
<b>249</b>	UNIV PIURA	UNIVERSIDAD PIURA
<b>250</b>	UNIV QUILMES	UNIVERSIDAD QUILMES
<b>251</b>	UNIV REPUBLICA	UNIVERSIDAD REPUBLICA
<b>252</b>	UNIV SAN FRANCISCO	UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO
<b>253</b>	UNIV SAN JUAN	UNIVERSIDAD SAN JUAN
<b>254</b>	UNIV SANTIAGO	UNIVERSIDAD SANTIAGO
<b>255</b>	UNIV SAO PAULO	UNIVERSIDAD SAO PAULO
<b>256</b>	UNIV SIMON BOLIVAR	UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR
<b>257</b>	UNIV SONORA	UNIVERSIDAD SONORA

<b>258</b>	UNIV SOROCABA	UNIVERSIDAD SOROCABA
<b>259</b>	UNIV TEC EST SANTIAGO	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA ESTATAL SANTIAGO
<b>260</b>	UNIV TECNICA FSM	UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
<b>261</b>	UNIV TECNOL NACL	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL
<b>262</b>	UNIV VALLE RIO SINOS	UNIVERSIDAD VALLE RIO SINOS
<b>263</b>	UNIV W INDIES	UNIVERSIDAD WEST OF INDIES
<b>264</b>	UNIV ZULIA	UNIVERSIDAD ZULIA
<b>265</b>	YACIM PETR FISC BOLIVIANOS	YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES BOLIVIANOS
<b>266</b>	YACIMIENTOS PETROLIF FISCAL	YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCAL