

Diversificación
geográfica de prácticas
científicas y fortalecimiento
de capacidades
científico-técnicas locales
en México, 1980-2013* /
Geographic diversification
of scientific practices
and strengthening in
local technical scientific
capacities in Mexico,
1980-2013

* Artículo de investigación científica. Recibido: 9 de febrero de 2017. Aceptado: 2 de agosto de 2017. TLA-MELAU, revista de Ciencias Sociales. Facultad de Derecho y Ciencias Sociales. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México / issn: 1870-6916 / Nueva Época, año 11, núm. 43, octubre 2017-marzo 2018, pp. 6-22.

RESUMEN

En este artículo se estudia la literatura científica en México, publicada en revistas con cobertura en el Web of Science-ISI Web of Knowledge, durante el periodo de mayor crecimiento de la producción (1980-2013). Lo anterior, con el fin de identificar cambios en el modelo histórico de organización, tradicionalmente centralizado en instituciones de investigación establecidas en la Ciudad de México. Se organizó la información en tres periodos y se realizó un análisis de cada uno de ellos, de acuerdo con tres criterios de clasificación: producción por estados de la república mexicana, por producción por sectores y producción por instituciones de investigación. Los resultados muestran dinámicas distintas de crecimiento en cada periodo y un proceso de diversificación geográfica creciente en el desarrollo de prácticas científicas, que son una muestra del incremento de las capacidades para producir conocimientos científicos, principalmente en universidades e institutos tecnológicos estatales.

PALABRAS CLAVE

Producción científica, políticas científicas, diversificación geográfica.

ABSTRACT

This article studies the scientific literature in Mexico, published in journals with coverage in the Web of Science-ISI Web of Knowledge, during the period of its greatest growth in production (1980-2013). The foregoing is in order to identify changes in the historical model of organization, traditionally centralized in research institutions established in Mexico City. The information was organized in three periods and an analysis of each of them was carried out, according to three classification criteria: production by states of the Mexican Republic, by sectors and by research institutions. The results show different dynamics of growth in each period and a process of increasing geographic diversification in the development of scientific practices, which are a sample of increasing capacities to produce scientific knowledge, mainly in universities and state technological institutes.

KEYWORDS

Scientific production, scientific policies, geographical diversification

* Profesora investigadora en el Centro de investigación y de Estudios Avanzados en el Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. (xfloresv@cinvestav.mx) orcid.org/0000-0002-1514-6040

** Profesor investigador en el Centro de investigación y de Estudios Avanzados en el Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. (fcollazo@fis.cinvestav.mx) orcid.org/0000-0001-6451-2548

1. Antecedentes / 2. Metodología / 3. Resultados / 3.1 Producción científica por estados de la república mexicana / 3.2 Producción científica por sectores / 3.3 Producción científica por instituciones / 4. Comentarios finales / 5. Referencias

1. ANTECEDENTES

Las circunstancias sociales y políticas imperantes en México en las décadas intermedias del siglo xx (Castañeda Castillo, Zamudio Varela, 1989; García de León, 1989; Gortari, 1963; Trabulse, 2001) permitieron el desarrollo y la diversificación de prácticas científicas modernas en instituciones locales. Entonces, tuvo lugar la conformación de una nueva infraestructura integrada por instituciones de sectores como el académico (universidades nacionales y estatales privadas; institutos tecnológicos y centros de investigación), dependencias del gobierno (secretarías, departamentos e institutos de investigación), la industria (empresas químico-farmacéuticas y minero metalúrgicas), el sector salud (Secretaría de Salubridad y Asistencia, Instituto Mexicano del Seguro Social y hospitales privados), asociaciones científicas en las áreas de medicina, ciencias, humanidades y otras; instituciones de promoción de la ciencia anteriores al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt); así como la creación de revistas de contenidos científicos (Beltrán, 1952; Pérez Tamayo, 2005; Saldaña, 1994). Bajo estas circunstancias se construyeron estructuras académicas institucionales estables, orientadas, entre otros objetivos, a la formación y atracción de recursos humanos especializados, para fomentar actividades de investigación y promover la formación de grupos de investigación. Con base en estos componentes fue posible la construcción de prácticas científicas modernas (Martínez, 2003) con capacidades para generar conocimientos y publicarlo, desde el contexto de instituciones locales, en revistas representativas del discurso científico dominante a nivel internacional (Luna Morales, 2007; Luna Morales, *et al.*, 2009; Collazo Reyes, *et al.*, 2014).

En el año 2004, el Web of Science (WoS) implementó la iniciativa Century of Science, consistente en ampliar a todo el siglo xx su cobertura histórica de la producción científica publicada en revistas internacionales, consideradas de corriente principal. Estos recursos de información permitieron documentar la historia de la producción de conocimientos en México, publicados en este tipo de revistas durante todo el siglo xx (Collazo Reyes y Collazo Rodríguez, 2009).

A partir de estos trabajos de investigación histórica bibliográfica se identificaron temas, autores e instituciones que lograron mantener una continuidad

mínima en la producción y publicación de resultados. En salud pública se realizaron aportaciones en temas de enfermedades infecciosas, como es el caso de la fiebre del tifo, llevadas a cabo tanto en el Hospital General de México como en el Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales de México (González Rivera, 1949; Priego, 2012). La investigación académica universitaria se inició con el tema de rayos cósmicos, que tuvo continuidad en el Instituto de Física de la UNAM (Collazo Reyes, Herrera Corral, 2008). En el sector industrial se realizaron importantes aportaciones a la química de los esteroides, realizadas en los laboratorios Syntex, las cuales sirvieron de base para el descubrimiento de los anticonceptivos (Miramontes Cárdenas, 2001; Hernández García, *et al.*, 2015). En astronomía la publicación de resultados encontró continuidad en las investigaciones realizadas en los observatorios de Tonantzintla y Tacubaya (Collazo Reyes, *et al.*, 2014), con importantes aportaciones a la astronomía internacional en el tema de los objetos Herbig-Haro (Bartolucci, 2000). A través de estos temas, desarrollados en instituciones ubicadas en la Ciudad de México (CDMX), se tuvo acceso a los estándares internacionales de publicación exigidos en las revistas de corriente principal.

Al final de la primera mitad del siglo XX, más del 90% de las publicaciones en revistas internacionales fue realizado en instituciones con sede en la CDMX (Luna Morales *et al.*, 2009; Collazo Reyes *et al.*, 2011). Esta centralización geográfica de las prácticas científicas se consolidó durante las décadas de los sesenta y setenta, con la creación de nuevas instituciones de investigación en los sectores de salud, energía y agrícola, tanto en universidades estatales como en privadas y metropolitanas; así como con la diversificación de dependencias de las instituciones de enseñanza e investigación más tradicionales, como fue el caso de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con la construcción de Ciudad Universitaria; y el Instituto Politécnico Nacional (IPN), con la ampliación de Escuelas Superiores en la Unidad Adolfo López Mateos y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav), en el norte de la ciudad, entre otros.

Con estos antecedentes, en las últimas décadas del siglo XX tuvo lugar la implementación de diferentes políticas públicas que dieron un importante impulso a las actividades de investigación científica y tecnológica (Luna Morales, 2012; López Olmedo *et al.*, 2017). Estas políticas públicas incluyeron la creación de instituciones de promoción de la ciencia y la tecnología (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), el mejoramiento de los ingresos económicos de los investigadores (Sistema Nacional de Investigadores), la implementación de programas de repatriación de investigadores y de mejoramiento de la calidad de los posgrados (PNPC), de mejoramiento de los cuerpos académicos de las instituciones (Promep y Prodep), así como acciones orientadas a apoyar el proceso de descentralización de grupos e instituciones de investigación. Por

un lado, en el interior del país se establecieron dependencias de las principales instituciones de los sectores académico (UNAM, Cinvestav e IPN) y de salud (IMSS), principalmente; por otro lado, se consolidó el sistema de 27 centros públicos de investigación Conacyt, vinculados a las necesidades regionales de la nación (Conacyt, 2015). En el ámbito de los recursos económicos, se obtuvo un préstamo extraordinario concedido por el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial, que se utilizó en apoyo a programas de ciencia y tecnología en el periodo 1988-1994 (Conacyt, 2015; González Amador, 2009; Luna Morales, 2012). El indicador que no acompañó el espíritu de estas políticas es el referente al financiamiento a la ciencia, tanto el proveniente del sector público como del sector privado. Los insumos se han mantenido sin cambios importantes, por abajo de los porcentajes recomendados, por ejemplo, la proporción del Producto Interno Bruto (PIB) se ha mantenido por abajo del 1%, y el del sector privado, muy por abajo del 50%, con respecto al presupuesto del Estado.

En distintos trabajos se reconoce que las políticas públicas mencionadas han sido determinantes (González Brambila Veloso, 2007; Luna Morales, 2012; Navarro Contreras, 2014) para conformar las circunstancias que permitieron incrementar significativamente los niveles de producción científica en México y mantener una tendencia de crecimiento durante las tres últimas décadas del siglo XX y los primeros tres quinquenios del siglo XXI.

A principio de la década de los años ochenta, el Institute for Scientific Information (ISI), hoy Web of Science, desarrolló y produjo de manera sistemática los indicadores bibliométricos de producción científica a nivel internacional, bajo una metodología que permitió la desagregación por países y años. Esto hizo posible realizar comparaciones entre países e iniciar una labor de monitoreo de la producción científica por años. Los detalles de la dinámica de crecimiento, en el caso de México, se encuentran monitoreados en sitios como el Conacyt,¹ el Atlas de la Ciencia Mexicana² y Foro Consultivo Científico y Tecnológico.³ Estos indicadores volvieron a revelar una alta concentración de la producción de conocimientos en instituciones ubicadas en la CDMX. Los detalles de esta concentración, así como el desarrollo de políticas científicas orientadas a impulsar un proceso de descentralización, se encuentran documentados en diferentes trabajos (Alonso-Maldonado *et al.*, 2016; Atlas de la Ciencia Mexicana, 2014; Dutrenit *et al.*, 2014; López Olmedo *et al.* 2017; Navarro Contreras, 2014).

En este trabajo revisamos los cambios ocurridos en la diversificación de la geografía de producción científica durante el periodo de mayor crecimiento

¹ <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/estadisticas/informe-general/informe-general-2010/276-indicadores-de-bolsillo-2010/file>.

² <http://atlasdelacienciamexicana.org/>.

³ <http://www.foroconsultivo.org.mx/>.

de la ciencia en México. Utilizamos la literatura publicada en revistas de corriente principal durante el periodo 1980-2013. Para ello, se organizó la información en tres periodos: I) 1980-1997, II) 1998-2005 y III) 2006-2013, y se analizó la evolución de la producción por estados de la república mexicana, instituciones y sectores de investigación.

Los resultados muestran un periodo con dinámicas de producción diferenciadas: un Estado estacionario inicial, dominado por las instituciones de la CDMX; otro, intermedio, con participación de instituciones de la CDMX y los estados; y el periodo final, con mayor dinámica, dominado por la producción realizada en los estados. Entre los sectores emergentes de este último periodo se encuentran las universidades estatales, las politécnicas, los tecnológicos y los centros SEP-Conacyt, complementadas con la producción realizada en los estados por las instituciones más tradicionales: UNAM, Cinvestav, IPN, IMSS, INSP, Colpos e Inifap. Las instituciones del sector privado —universidades, laboratorios, centros de investigación y entidades de salud— no están acompañando esta dinámica de fortalecimiento de capacidades científico-técnicas de los grupos locales para generar conocimiento científico.

2. METODOLOGÍA

Como información base se utilizaron los repertorios del *Atlas de la Ciencia Mexicana, 1980-2013*,⁴ previamente recuperados del WoS, opción “Core Collection” (1980 a 2012, en abril del 2013, y el año 2013, en febrero del 2014). Se utilizó la información del campo bibliográfico referente a las instituciones, particularmente los nombres de las instituciones sedes de las investigaciones y de los estados de la república mexicana. Se realizaron los procedimientos de desagregación y normalización de los nombres de instituciones y los estados. La información se organizó en una base de datos local. Se identificó cada una de las instituciones con uno de 12 sectores de investigación: universidades estatales, centros SEP-Conacyt, UNAM, Salud (entidades públicas), Gobierno, laboratorios, Cinvestav, universidades privadas, institutos tecnológicos, Salud (entidades privadas) y SEP, entre otros.

Se determinó la dinámica general de crecimiento de la producción por cada uno de los estados de la siguiente manera: Se dividió el número total de trabajos de cada estado entre el número de años (34), el promedio resultante se utilizó como divisor base de cada uno de los datos correspondientes a las series anuales. Los resultados se graficaron y se comparó la dinámica de crecimiento de la producción de todos los estados con la CDMX.

De acuerdo con los cambios observados en las tendencias de crecimiento de la ciencia en los estados, con respecto a la línea de la ciencia en la CDMX,

⁴ www.atlasdelacienciamexicana.org/.

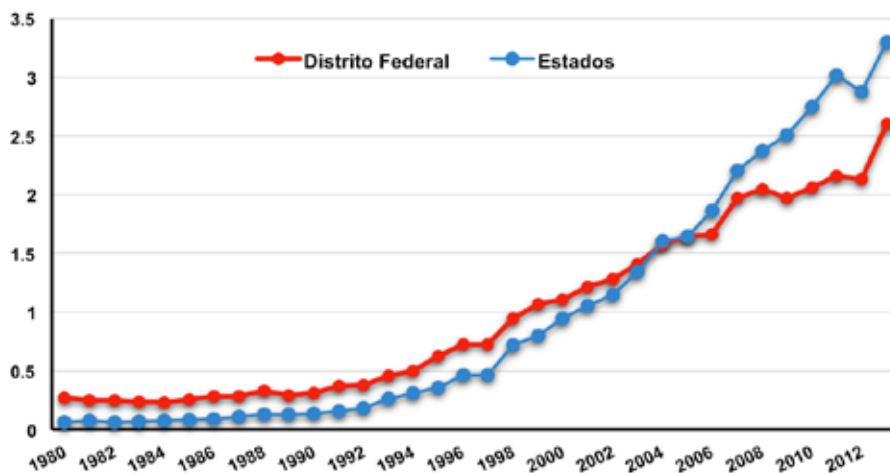
se dividió la producción en tres periodos: I) 1980-1997, II) 1998-2005 y III) 2006-2013. Se analizó la evolución de la producción científica por estados, instituciones y sectores, en cada periodo. Este último análisis no incluye a la CDMX.

3. RESULTADOS

Del total de trabajos recuperados, 51% (150 161) corresponde a instituciones con sede en la CDMX, y 49% (145 390), a instituciones con sede en los estados de la república mexicana. El porcentaje de aportación de los estados creció un poco más de tres veces del primero al último año del periodo estudiado: del 18% en 1980 al 56% en 2013. La participación de las instituciones de la CDMX (UNAM, Cinvestav, IPN e IMSS) en la ciencia de los estados pasó del 82% en 1980 al 44% en 2013.

En la figura 1 se comparan, en números relativos, las dinámicas de crecimiento de la producción generada en la CDMX con las del resto de los estados. Si tomamos como referencia la línea correspondiente a la CDMX, la producción restante presenta una evolución que muestra tres estados con tendencias distintas de crecimiento: 1) una estabilización con escaso crecimiento, de 1980 a 1997, con una dinámica paralela a la línea general y con una aportación por debajo de la tercera parte de la producción nacional; 2) un cambio en la dinámica tradicional de crecimiento de los estados, que se cruza en el año 2004 con la tendencia de la línea de la CDMX y que alcanza una aportación de la mitad del total; y 3) una tendencia que confirma una mayor dinámica de crecimiento en los estados entre 2006 y 2013.

Figura 1. Comparación de las dinámicas de crecimiento de la producción científica de la CDMX con el resto de los estados de la república mexicana, 1980-2013.



Fuente: Web of Science, 1980-2013.

De acuerdo con las tendencias de crecimiento, identificamos tres grupos de estados: 1) Baja California, Guanajuato, Jalisco, Morelos, Puebla y Sonora, que presentan una dinámica de crecimiento, en números relativos, paralela a la CDMX; (2) Aguascalientes, Chihuahua, Hidalgo, San Luis Potosí, Tabasco, Veracruz y Michoacán, que alcanzaron su mejor periodo de crecimiento al final del periodo; (3) Durango, Sinaloa, Baja California Sur, Quintana Roo, Nayarit, Zacatecas y Guerrero, que mostraron los crecimientos más inestables durante el periodo analizado.

3.1 Producción científica por estados de la república mexicana

La tabla 1 muestra la producción de los estados dividida en tres periodos. Cada periodo incluye la posición resultante de la producción, el número de trabajos y el porcentaje de aportación al total por periodo.

Los estados con el mayor número de trabajos y una aportación promedio mayor al 5% (Morelos, Jalisco, Estado de México, Puebla, Nuevo León, Baja California y Guanajuato) presentan una organización de la producción basada en una mayor diversificación de las instituciones por sectores. Cada uno se apoya en una matriz de instituciones correspondientes a sectores distintos. El estado de Morelos depende de la participación de la UNAM, del sector salud y de dependencias del gobierno. En Jalisco destaca la aportación del IMSS, del Cinvestav y de las instituciones de salud. En el Estado de México destacan las instituciones del sector de agro-ciencias (Cimmyt, Universidad Autónoma de Chapingo y la UNAM). En los estados de Guanajuato, Nuevo León y Puebla sobresalen las universidades estatales, los centros SEP-Conacyt, las instituciones de salud y las universidades privadas, así como el Cinvestav, en el primer caso, y el IMSS, en el segundo y tercer caso.

Existen siete estados (Baja California Sur, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Veracruz y Yucatán) con una aportación intermedia entre el 3% y el 5%. En este grupo las universidades estatales juegan un rol importante en la producción de conocimientos. Complementan su producción con los centros SEP-Conacyt, dependencias del Gobierno federal, universidades privadas, la UNAM, el Cinvestav, institutos tecnológicos y el sector salud.

El grupo más numeroso, de 17 estados, presenta los casos de producción menos diversificada; 10 de estos (Aguascalientes, Campeche, Chihuahua, Durango, Guerrero, Hidalgo, Nayarit, Tabasco, Tamaulipas y Zacatecas) dependieron, durante el periodo 1980-1997, principalmente de la producción de la universidad del estado. En estados como Oaxaca destaca la producción del INAH; en Chiapas, Coahuila y Quintana Roo, los centros SEP-Conacyt; en Sinaloa, la UNAM; en Coahuila y Yucatán, el Cinvestav. De acuerdo con el número de trabajos, estos 17 estados presentan los procesos más lentos de

diversificación de las prácticas de investigación científica a otros sectores, en los periodos 1998-2005 y 2006-2013.

Tabla 1. Producción científica por estados de la república mexicana (1980-2013), dividida en tres periodos.

Núm.	Período	1980-1997			1998-2005			2006-2013		
	Estado	Posición	Trabajos	%	Posición	Trabajos	%	Posición	Trabajos	%
1	Morelos	1	1828	13	1	5281	14	1	8941	10
2	Jalisco	2	1396	10	4	3089	8	3	7477	8
3	Estado de México	3	1329	10	3	3113	8	2	8122	9
4	Puebla	4	1204	9	2	3910	10	5	6285	7
5	Nuevo León	5	1184	9	8	1833	5	4	6343	7
6	Baja California	6	1173	8	5	2933	7	7	5257	6
7	Guanajuato	7	1111	8	6	2846	7	6	5259	6
8	Veracruz	8	582	4	13	1248	3	11	3677	4
9	Sonora	9	569	4	11	1405	4	13	3270	4
10	Yucatán	10	476	3	12	1399	4	12	3488	4
11	Baja California Sur	11	406	3	14	1165	3	16	1912	2
12	San Luis Potosí	12	377	3	10	1497	4	10	4229	5
13	Coahuila	13	326	2	15	857	2	14	2196	2
14	Chiapas	14	289	2	18	496	1	19	1333	1
15	Michoacán	15	237	2	9	1744	4	8	4444	5
16	Sinaloa	16	158	1	16	714	2	17	1794	2
17	Querétaro	17	186	1	7	1841	5	9	4283	5
18	Chihuahua	18	127	1	17	680	2	15	2110	2
19	Zacatecas	19	139	1	19	396	1	26	762	1
20	Colima	20	113	1	20	372	1	23	1055	1
21	Quintana Roo	21	111	1	21	340	1	25	854	1
22	Tamaulipas	22	106	1	24	310	1	20	1316	1
23	Tlaxcala	23	107	1	27	160	0	29	602	1
24	Durango	24	81	1	22	328	1	22	1079	1
25	Tabasco	25	42	0.59	28	157	0.40	27	736	1
26	Campeche	26	39	0.28	26	164	0.42	28	663	1
27	Oaxaca	27	37	0.27	29	157	0.40	21	1095	1
28	Aguascalientes	28	33	0.24	25	218	1	24	892	1
29	Guerrero	29	32	0.23	30	94	0.24	30	396	0.43
30	Hidalgo	30	12	0.09	23	327	1	18	1345	1
31	Nayarit	31	5	0.04	31	42	0.11	31	363	0.40

Fuente: Web of Science, 1980-2013.

3.2 Producción científica por sectores

La tabla 2 muestra la producción organizada en 12 sectores institucionales y dividida en tres periodos. Incluye los sectores organizados de mayor a menor producción, el número de trabajos y la aportación porcentual correspondiente en cada periodo.

Las universidades estatales, los centros SEP-Conacyt, la UNAM y las instituciones de salud pública mantuvieron las cuatro primeras posiciones, respectivamente, durante los tres periodos. Estos sectores producen las tres cuartas partes de las publicaciones en los estados. Entre estos sectores, el que más creció es el de las universidades estatales, pasó de una aportación de la tercera parte, en el periodo inicial, a un porcentaje del 43% en el último periodo. Entre los sectores con una aportación intermedia entre el 2% y el 6% se encuentran las entidades del Gobierno federal, los laboratorios industriales y las universidades privadas, que disminuyeron su porcentaje de aportación en el último periodo. De este grupo, el Cinvestav logró mantener su posición y su aportación promedio del 4% en los tres periodos. Entre los sectores con menor aportación, los Institutos Tecnológicos incrementaron su aportación del 2% al 6%, y el IPN, del 1% al 2%, lo que modificó sus posiciones del lugar 9 al 5 y del 12 al 8, respectivamente. En términos proporcionales, estos dos sectores presentan los casos de mayor crecimiento.

La aportación de las instituciones relacionadas con el financiamiento privado, ubicadas en los sectores de universidades privadas, instituciones privadas del sector salud y laboratorios industriales, es aún discreto y decreció del 10% al 4%, entre el primero y el último periodo.

Tabla 2. Producción científica por sectores institucionales (1980-2013) dividida en tres periodos.

Núm.	Periodo Sectores	1980-1997			1998-2005			2006-2013		
		Posición	Trabajos	%	Posición	Trabajos	%	Posición	Trabajos	%
1	Universidades estatales	1	4570	33	1	14432	37	1	39090	43
2	SEP-Conacyt	2	2428	18	2	8095	21	2	16519	18
3	UNAM	3	1895	14	3	5680	15	3	9446	10
4	Salud (entidades públicas)	4	1500	11	4	2813	7	4	6616	7
5	Gobierno	5	847	6	6	1795	5	6	3714	4
6	Laboratorios	6	843	6	7	1332	3	9	1404	2
7	Cinvestav	7	564	4	5	1844	5	7	3638	4
8	Universidades privadas	8	452	3	9	817	2	10	1261	1
9	Tecnológicos	9	238	2	8	1223	3	5	5561	6
10	Salud (entidades privadas)	10	189	1	12	210	1	11	1098	1
11	Otros	11	199	1	11	302	1	12	1426	2
12	IPN	12	85	1	10	573	1	8	2084	2

Fuente: Web of Science, 1980-2013.

3.3 *Producción científica por instituciones*

El número de instituciones y dependencias se incrementó de 657 a cerca de 2 000 entre el primero y el último periodo. Un poco más de la mitad sólo aparece una vez.

La tabla 3 muestra 37 instituciones con más de 1 000 trabajos que suman una aportación del 77%. De estas, 20 corresponden al sector académico de educación superior y 12, al de investigación. Dos instituciones del sector salud pública, el IMSS y el Instituto de Investigación en Salud Pública; un centro internacional de investigación (Cimmyt), uno de investigación privada (ITESM); así como dos instituciones de investigación, dependientes del Gobierno federal: Colpos e INIFAP. Las instituciones nacionales que tienen su sede en la CDMX, como la UNAM, el Cinvestav y el IPN, participan en cerca de la cuarta parte (18%) de las publicaciones generadas en los estados. Destaca el caso de la UNAM, con la aportación promedio más alta, de 15% en cada periodo. Entre las universidades estatales destacan la UdeG, de Jalisco; la UANL, de Nuevo León; y la BUAP, de Puebla, con una aportación del 4% en cada periodo. En un segundo grupo, con una aportación individual entre el 2% y el 3%, las instituciones de los estados de San Luis Potosí, Guanajuato, Baja California y Sonora. Entre los centros SEP-Conacyt mejor posicionados se encuentran INAOE, CICESE, Inecol, Cibnor, CIO y Ecosur, principalmente.

Entre las instituciones que escalaron el mayor número de lugares en la producción en el periodo analizado se encuentran las universidades de los estados de Sinaloa e Hidalgo y el Cimav. Entre las que perdieron posiciones se encuentran algunas dependencias del Gobierno federal pertenecientes al sector energético, como son el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE); algunos centros SEP-Conacyt, como CICESE, Cibnor, CIESAS e IMTA; así como instituciones privadas como la Clínica Ruíz, la Universidad Autónoma de Guadalajara y el Cimmyt, que es un centro internacional de investigación.

Tabla 3. Instituciones académicas y de investigación más productivas (1980-2013), en tres periodos distintos. (En página siguiente).

Núm.	Periodo	1980-1997			1998-2005			2006-2013		
	Institución	Posición	Trabajos	%	Posición	Trabajos	%	Posición	Trabajos	%
1	UNAM	1	1895	18	1	5680	15	1	9446	10
2	IMSS	2	854	8	5	1475	4	6	2877	3
3	UANL	3	713	7	7	1350	3	4	3631	4
4	Cinvestav	5	564	5	3	1844	5	3	3637	4
5	CICESE	4	522	5	9	1150	3	18	1594	2
6	BUAP	6	502	5	2	1849	5	5	3080	3
7	UdeG	7	449	4	6	1423	4	2	3924	4
8	Gimmyt	8	442	4	22	493	1	30	880	1
9	INAOE	9	440	4	4	1521	4	11	2124	2
10	UGTO	10	349	3	10	1082	3	9	2177	2
11	UASLP	11	342	3	8	1160	3	7	2795	3
12	ITESM	12	275	3	31	329	1	14	1852	2
13	Gibnor	13	262	2	17	651	2	29	932	1
14	CIO	14	258	2	14	689	2	32	873	1
15	UNISON	15	253	2	16	654	2	19	1520	2
16	INSP	16	251	2	12	899	2	8	2222	2
17	Colpos	17	239	2	18	618	2	15	1774	2
18	INIFAP	18	225	2	24	440	1	21	1398	2
19	UABC	19	212	2	15	658	2	16	1687	2
20	Inecol	21	187	2	19	617	2	22	1276	1
21	UV	22	172	2	27	351	1	20	1447	2
22	UAEMo	23	132	1	11	1002	3	12	2109	2
23	CIAD	24	127	1	25	421	1	26	1111	1
24	UMSNH	26	121	1	13	794	2	10	2165	2
25	UAZ	28	121	1	28	351	1	37	622	1
26	UADY	27	116	1	30	339	1	23	1184	1
27	CICY	30	111	1	40	219	1	35	708	1
28	Uacha	29	100	1	37	278	1	34	863	1
29	IPN	33	85	1	20	572	1	13	2084	2
30	UCOL	34	83	1	33	317	1	31	876	1
31	UAQ	40	79	1	23	454	1	25	1132	1
32	Uaeme	38	68	1	26	363	1	17	1623	2
33	UAS	49	56	1	35	310	1	36	695	1
34	Ecosur	47	51	0.48	21	512	1	24	1139	1
35	CIMAV	105	7	0.07	34	311	1	33	870	1
36	UAEH	137	4	0.04	36	300	1	27	1055	1
37	IPICYT	-	-	0	38	253	1	28	1054	1

Fuente: Web of Science, 1980-2013.

4. COMENTARIOS FINALES

El desarrollo de políticas, la toma de decisiones, la promoción y la producción científica, como aspectos inherentes al arraigo de la ciencia moderna en México, son funciones que han estado a cargo, por un largo periodo, de un grupo de instituciones con sede en la CDMX. Esta concentración de funciones dio lugar a una sólida estructura organizacional de la ciencia, que mantuvo inalterable el modo centralizado de producción de conocimientos durante la mayor parte de la segunda mitad del siglo XX, tal como lo muestran los resultados en este trabajo.

El crecimiento de la ciencia bajo cualquier modelo de producción dependiente de una organización centralizada resulta poco saludable y termina por ser insostenible a largo plazo. Los resultados muestran un largo periodo con tres dinámicas diferenciadas de producción: un estado estacionario inicial, dominado por las instituciones de la CDMX, se trata de un modelo agotado, con características de un estado de saturación de sus formas de organización y producción (Ziman, 1994); un estado de crecimiento intermedio con una producción equilibrada de las instituciones de la CDMX y los estados; y un tercer estado, que muestra la mayor dinámica de crecimiento surgida al final del periodo estudiado y donde la mayor producción ha sido realizada en los estados. Entre los sectores emergentes de este último periodo se encuentran las universidades estatales, las politécnicas, los tecnológicos y los centros SEP-Conacyt, complementados con la producción realizada en los estados por las instituciones más tradicionales: UNAM, Cinvestav, IPN, IMSS, INSP, Colpos e INIFAP. Por ejemplo, las instituciones más productivas en los estados siguen siendo la UNAM y el Cinvestav, con 17 021 y 6 001 trabajos, respectivamente. Sin embargo, el porcentaje de aportación de ambas instituciones disminuyó del 23% al 14% entre el primero y el último periodo. Las instituciones del sector privado (universidades, laboratorios, centros de investigación y entidades de salud) no han acompañado esta dinámica de fortalecimiento de capacidades científico-técnicas de los grupos locales para generar conocimiento científico. La aportación del sector disminuyó de un 10% a un 5% al final del periodo.

Las políticas públicas han orientado un crecimiento asociado a un proceso de diversificación geográfica de las capacidades para producir conocimientos en México. Bajo estas nuevas circunstancias se ha enriquecido la estructura organizativa de las instituciones: se han incrementado los programas de investigación, los perfiles de formación, los enfoques regionales de la investigación y se han multiplicado las relaciones de colaboración entre científicos e instituciones. Todos estos componentes han ayudado a construir formas de organización más productivas y a incrementar la producción realizada en los estados de la república.

5. REFERENCIAS

- Alonso-Maldonado, M.; Meza-Rodríguez, N. I.; Millán-Quintero, G. y Pérez-Angón, M. A., “Producción científica”, en *La ciudad de México en el siglo XXI. Realidades y retos*, en Aguilar, A. G (coord.), México, Miguén Ángel Porrua, 2016, pp. 573-579.
- Atlas de la Ciencia Mexicana, Indicadores por entidades federativas, volumen 2, México, 2012. Recuperado de: <http://www.atlasdelacienciamexicana.org>.
- Bartolucci, J., “La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos”, *Sociológicas*, vol. 17, núm. 49, mayo-agosto, 2002, pp. 355-359.
- Beltrán, E., *Medio siglo de ciencia en México. 1900-1950*. México, Secretaría de Educación Pública, 1952.
- Castañeda Castillo, R. M. y Zamudio Varela, G., “El nacionalismo en la historia de la ciencia mexicana de mediados del siglo XX”, en *Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, México, Sociedad Mexicana de la Historia de la Ciencia y la Tecnología, 1989, pp. 166-171.
- Collazo Reyes, F.; Flores Vargas, X.; Muñoz García, M. L. y Pérez Angón, M. A., “Citation practices as semiotic interpretants of certification of local knowledge in astronomy: Mexico 1952-1972”, *TransInformação*, número 26(3), 2014, pp. 269-279.
- Collazo Reyes, Francisco y Herrera Corral, Gerardo, “Surgimiento de la física y la investigación académica en México”, *Avance y Perspectiva*, abril-junio 2008, pp. 85-98.
- Collazo Reyes, Francisco; Luna Morales, María Elena y Vélez Cuartas, Gabriel, “Surgimiento de las prácticas científicas de colaboración en la ciencia mexicana con cobertura en los índices internacionales”, *Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, vol. 19, diciembre 2010, pp. 143-167. Recuperado de: <http://revista-redes.rediris.es/>.
- Collazo Reyes, Francisco; Luna Morales, María Elena; Russell, Jane Margaret y Pérez Angón, Miguel Ángel, “Emergence and convergence of scientific communication in a developing country: Mexico 1900-1979”, *Proceedings of International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics*, South Africa, 2011, pp. 155-162.
- Collazo Reyes, Francisco y Collazo Rodríguez, Jonathan, “Investigación científica mexicana en el siglo XX: indicadores bibliométricos básicos”, *Avance y Perspectiva*, abril-junio 2009, pp. 75-79.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, “Sistema de centros públicos de investigación CONACYT”, 2005. Recuperado de: <http://www.sicyt.gob.mx/index.php/instituciones/sistema-de-centros-publicos-conacyt>.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, “Indicadores científicos y tecnológicos”, 2015. Recuperado de: <http://www.conacyt.mx/sicyt/index.php/indicadores-cientificos-y-tecnologicos>.
- De Gortari, Eli, *La ciencia en la historia de México*, México, Fondo de Cultura Económica, 1963.
- Dutrenit, G.; Zaragoza, M. L. y Zuñiga, P., “La producción científica del SNI de México: un análisis con la base de datos normalizada de SCOPUS”, en Dutrenit,

- G. y Zúñiga, P. (eds.), Taller sobre indicadores en ciencia y tecnología en Latinoamérica, México, Fccyt, 2014, pp. 165-180).
- García de León, P., “Enfoque socioeconómico de la historia de la ciencia y la tecnología en México”, en *Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, México, Sociedad Mexicana de la Historia de la Ciencia y la Tecnología, 1989, pp. 172-180.
- González-Amador, R., “Aprobó FMI préstamo por 47 mil mmd: advierte que México está expuesto por vínculos financieros globales y lazos con EUA”, *La Jornada*, 18 de abril de 2009.
- González Brambila, Claudia y Veloso, Francisco, “The determinants of research output and impact: A study of Mexican researchers”, *Research Policy*, Holanda, volumen 36, número 7, 2007, pp. 1035-1051.
- González Rivera, M., “Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales de México: diez años de trabajo”, *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 1949, 28(7), pp. 702-713.
- Hernández García, Yoscelina; Chamizo, José Antonio; Kleiche Dray, Mina y Russell, Jane Margaret, “The scientific impact of mexican steroid research 1935–1965: A bibliometric and historiographic analysis”, *Journal of the Association for Information Science and Technology*, Estados Unidos, volumen 67, número 5, 2015, pp. 1245-1253.
- López Olmedo, R; Marmolejo Leyva, R; Pérez Angón, M. A.; Villa Vázquez, L. L. y E. Zayago Lau, E., “The role of public policies in the decentralization process of Mexican science and the formation of new researchers in institutions outside the Mexico City area”, *Scientometrics*, 2017.
- Luna Morales, María Elena; Collazo Reyes, Francisco; Russell, Jane Margaret y Pérez Angón, Miguel Ángel, “Early patterns of scientific production by mexican researchers in mainstream journals, 1900-1950”, *Journal of American Society for Information Science and Technology*, Estados Unidos, volumen 60, 2009, pp. 1337-1348.
- Luna Morales, María Elena, “Determinants of the Maturing Process of the Mexican Research Output: 1980-2009”. *Interciencia*, Venezuela. volumen 37, número 10, 2012, pp. 736-742.
- Luna Morales, María Elena; Collazo Reyes, Francisco; Russell, Jane Margaret, “A quantitative Historiography of Mexican Integration into the International standards of Scientific Research”, *Proceedings of International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics*, junio 2007, pp. 523-530.
- Martínez, Sergio, *Geografía de las prácticas científicas. Racionalidad, heurística y normatividad*, México, UNAM, 2003, p. 206.
- Miramontes Cárdenas, Luis, “La industria de los esteroides en México y un descubrimiento que cambiaría el mundo”, *Revista de la Sociedad Química de México*, volumen 45, número 3, 2001, pp. 20-24.
- Navarro Contreras, Hugo, “La investigación en la universidades públicas estatales”, *Atlas de la Ciencia Mexicana (coord.)*, *Memorias del Taller Sobre Indicadores en Ciencia y Tecnología en Latinoamérica*, México, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 2014, pp. 17-28.
- Pérez Tamayo, Ruy, *Historia general de la ciencia en México en el siglo xx*, México, Fondo de Cultura Económica, 2005, p. 319.

- Priego, Natalia, “El Instituto Bacteriológico Nacional y la lucha contra el tifo”, *Revista Mexicana de Ciencias*, volumen 63, número 2, 2012, pp. 26-33.
- Saldaña, Juan José, “El sector externo y la ciencia nacional: el conservacionismo en México (1934-1952)”, *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, volumen 11, número 2, 1994, pp. 195-217.
- Trabulse, E., “Tradición y ruptura en la ciencia mexicana”, en Saldaña, Juan José (ed.), *Science and cultural diversity*, 2001, volumen 1, pp. 37-42.
- Ziman, J., *Prometheus bound: Science in a dynamic steady state*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994.

ANEXO 1

Nombres y abreviaturas de instituciones

No.	Institución	Acronímico
Instituciones académicas y de investigación		
1	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	BUAP
2	Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.	CICY
3	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada	CICESE
4	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.	CIAD
5	Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.	Cimav
6	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN	Cinvestav
7	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.	Cibnor
8	Centro de Investigaciones en Óptica	CIO
9	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo	Cimmyt
10	Colegio de Postgraduados	Colpos
11	El Colegio de la Frontera Sur	Ecosur
12	Instituto de Ecología, A.C.	Inecol
13	Instituto Nacional de Antropología e Historia	INAH
14	Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica	INAOE
15	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	INIFAP
16	Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía	Innyn
17	Instituto Politécnico Nacional	IPN
18	Instituto Potosino de Investigación Científica	IPICYT
19	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	ITESM
20	Universidad Autónoma de Baja California	UABC
21	Universidad Autónoma de Chapingo	Uacha
22	Universidad Autónoma de Chihuahua	Uach
23	Universidad Autónoma de Guadalajara	UAG
24	Universidad Autónoma de Nuevo León	UANL

25	Universidad Autónoma de Querétaro	UAQ
26	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	UASLP
27	Universidad Autónoma de Sinaloa	UAS
28	Universidad Autónoma de Yucatán	UADY
29	Universidad Autónoma de Zacatecas	UAZ
30	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	UAEH
31	Universidad Autónoma del Estado de México	Uaeme
32	Universidad Autónoma del Estado de Morelos	Uaemo
33	Universidad Autónoma Metropolitana	UAM
34	Universidad de Colima	Ucol
35	Universidad de Guadalajara	UdeG
36	Universidad de Guanajuato	Ugto
37	Universidad de Sonora	Unison
38	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	UMSNH
39	Universidad Nacional Autónoma de México	UNAM
40	Universidad Veracruzana	UV
Instituciones y programas de apoyo a la investigación		
41	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	Conacyt
42	Programa del Mejoramiento del Profesorado	Promep
43	Programa para el Desarrollo Profesional Docente	Prodep
44	Programa Nacional de Posgrado de Calidad	PNPC
45	Sistema Nacional de Investigadores	SNI
Instituciones del sector salud		
46	Instituto Mexicano del Seguro Social	IMSS
47	Instituto Nacional de Salud Pública	INSP
Instituciones del sector energético		
48	Comisión Federal de Electricidad	CFE
49	Instituto de Investigaciones Eléctricas	IIE
50	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	ININ
Bases de datos		
51	Web Of Science	WoS