



Alfredo Baños: surgimiento de la física y la investigación académica en México

Francisco Collazo Reyes y Gerardo Herrera Corral

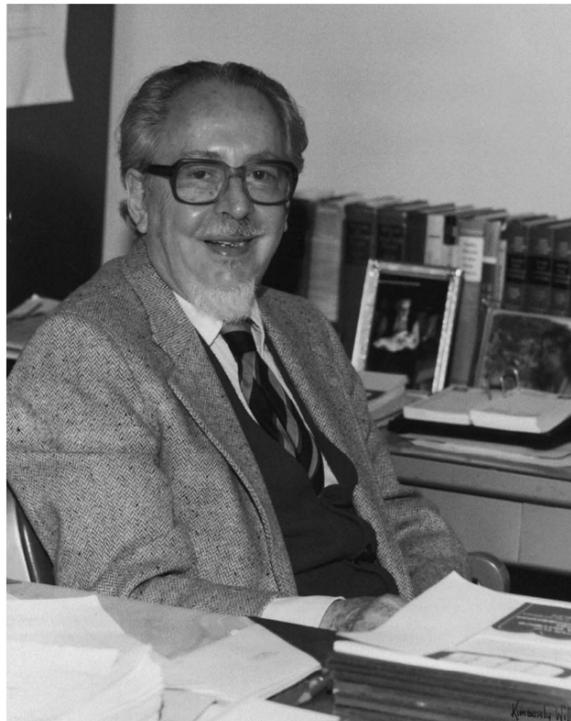
Fundador del Instituto de Física de la UNAM y del Departamento de Física del Cinvestav, Alfredo Baños tuvo una actuación destacada en la formación del primer grupo de investigación mexicano en física, una producción y visibilidad internacionales.

Ciencia e Instoriografía

Con la institucionalización de la historiografía de la ciencia como disciplina académica, la profesionalización de los historiadores¹, el aumento de los practicantes y el número de investigaciones², las interpretaciones y las aproximaciones historiográficas de la ciencia en general se han enriquecido². En este proceso de consolidación de la disciplina han ganado terreno los estudios sobre aspectos históricos delimitados y lo han perdido las visiones globales de la ciencia. Existe un nuevo historicismo de las ciencias cuya tesis se refiere a que los periodos históricos son únicos, que los contextos corresponden a un tiempo y un lugar³, y que basta entender el pasado en sus propios términos⁴. Las historias generales de la ciencia están siendo gradualmente complementadas por microhistorias, que son estudios orientados al análisis minucioso de periodos, eventos y contextos específicos. Además, generan una documentación más abundante⁵, ayudan a comprender mejor las circunstancias en que se desarrollan las prácticas científicas y a caracterizar las diversas modalidades que se adoptan para producir conocimientos en los contextos locales⁶. En este ámbito se ha desarrollado un nuevo orden de historiografía bibliométrica de la ciencia basado en estudios apoyados en fuentes documentales, retrospectivas con datos estandarizados, y en el análisis de las estructuras de información contenidas en los registros bibliográficos de la literatura científica como testimonios históricos⁷. Constituyen un método de aproximación a la historia de las prácticas científicas, que ha arrojado luz sobre

El Lic. Francisco Collazo Reyes es responsable del Área de Bibliometría de la Biblioteca Jerzy Plebański del Cinvestav. fcollazo@fis.cinvestav.mx

El Dr. Gerardo Herrera Corral es investigador titular del Departamento de Física del Cinvestav. gherrera@fis.cinvestav.mx



Dr. Alfredo Baños (1905-1992)

diferentes aspectos del proceso social de la comunicación científica que acompaña los distintos modos de producción de conocimientos.

En este artículo reseñamos la aportación del físico Alfredo Baños (AB) al proceso de institucionalización y profesionalización de la física moderna en las condiciones locales del ámbito académico y de investigación en nuestro país, ocurrido en las décadas intermedias del siglo XX, como parte de un movimiento que dio lugar al surgimiento de distintas prácticas científicas modernas, entre ellas el modo académico de producción de conocimientos científicos en nuestro país. Este movimiento tuvo su origen en la combinación de factores internos y externos que transcurrieron de manera paralela: la formación de los primeros doctores mexicanos en ciencias físicas en universidades extranjeras y, por otro lado, la creación de una nueva generación de institutos de investigación científica en la Universidad Nacional Autónoma

de México (UNAM). La creación del Instituto de Física (IF-UNAM), el regreso a nuestro país de AB y su incorporación a este instituto como primer director permitieron la continuidad de una práctica de investigación teórica aprendida y desarrollada en instituciones del extranjero. La combinación de estas circunstancias dio lugar a las primeras publicaciones con resultados de investigaciones originales, desarrollados desde los ámbitos locales universitarios y aceptados en revistas internacionales de corriente principal.

Analizaremos la participación de AB a partir de los distintos roles que desarrolló en la comunidad científica: como profesor, directivo, investigador y el impacto científico de su obra medido en citas bibliográficas. Como profesor, aportó a la enseñanza y el desarrollo de programas y reglamentos académicos relacionados con las ciencias físicas. Como director del IF-UNAM, plasmó la impronta de su concepción moderna del trabajo científico al lograr incorporar, desde un principio de su gestión, los resultados de investigación científica como una función sustantiva del instituto, situación que le dio un perfil científico e internacional. Como miembro de la comunidad académica, participó en la promoción de las ciencias físicas al asumir cargos importantes en la primera Sociedad Mexicana de Ciencias Físicas.

Como investigador, orientó sus trabajos, por un lado, hacia el marco normativo de la ciencia internacional, reflejado en la publicación de resultados originales, dirigidos a especialistas, sometidos al juicio de los pares y realizados conforme a los estándares de publicación internacional y, por otro lado, hacia una forma de organización del trabajo de investigación más dependiente de las relaciones de intercambio y colaboración científicas entre colegas. Estos criterios actuaron como fuerzas constitutivas de la comunidad de investigación en rayos cósmicos permitiéndole evolucionar de coautorías simples y relaciones de trabajo en grupo a estructura de interacciones en forma de red, además de convertirse, su objeto de estudio, en el primer tema de investigación de la física mexicana.

Si hacemos un análisis de las citas bibliográficas alusivas a los trabajos de AB, encontraremos un aspecto poco conocido: su obra científica tuvo un impacto científico relevante, logrado por un trabajo monográfico sobre radiación elec-

tromagnética. Iniciado durante una estancia de investigación en la etapa de formación del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) a principios de los años 60, dicho trabajo fue concluido en la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA).

Metodología

Los resultados que presentaremos están apoyados en fuentes monográficas sobre la historia de la ciencia en México y en la nueva cobertura retrospectiva del Science Citation Index Expanded (SCIE) y su iniciativa Century of Science⁸, una edición especial que incluye información disponible en línea sobre la literatura científica universal publicada desde el año 1900. Estas fuentes se basan en registros que incorporan trabajos de corriente principal, en la medida que son publicados en revistas reconocidas en los índices internacionales y se pueden recuperar como estructuras de datos estandarizados y campos bibliográficos normalizados, además de utilizarse de manera tradicional como información básica para desarrollar indicadores bibliométricos de producción e impacto.

Investigamos en distintas fuentes, relacionadas con la historia de la física y la ciencia en México, las actividades de AB en sus distintos cargos y funciones que desarrolló como miembro de la comunidad científica mexicana. Su influencia es notoria en los procesos de institucionalización y organización de las actividades académicas y de investigación en el área de las ciencias físicas en México.

Identificamos, también, la producción científica de AB, principalmente la publicada en revistas cubiertas en el SCIE. Los trabajos con adscripción al IF-UNAM se analizaron como parte de la literatura científica afín a las ciencias físicas, generada en el periodo 1920-1952. Para ello se desarrolló una red con la estructura de relaciones de coautoría, obtenida a través del software de análisis de redes Pajek⁹. Las relaciones de colaboración nos permitieron identificar cambios importantes en las formas de organización de las prácticas científicas desarrolladas antes, durante y después del periodo de publicación de los trabajos sobre el tema de la radiación cósmica.

Finalmente identificamos las citas hechas a los trabajos de AB, divididas en tres grupos referentes: (a) los trabajos

publicados en fuentes cubiertas en SCIE; (b) un trabajo monográfico desarrollado en el Departamento de Física del Cinvestav y la UCLA, y (d) otros trabajos.

Antecedentes

El desarrollo contemporáneo de las ciencias físicas en nuestro país representa un largo proceso de evolución de la física de carácter ingenieril y de fines utilitarios, propios del siglo XIX, a una disciplina constituida como cuerpo de conocimientos básicos¹⁰, apoyada en una estructura administrativa, organizacional y de comunicación científica nuevas en nuestro país. Distintos esfuerzos dieron origen al modo académico de producción de conocimientos, el cual, como una práctica científica emergente, se concentraba de manera importante en dependencias de la UNAM, creadas principalmente en las décadas intermedias del siglo XX¹¹. Entre los antecedentes importantes tenemos, por un lado, la creación de las primeras instituciones con espacios para la enseñanza de las ciencias físico matemáticas, como en el caso de la Escuela Nacional de Altos Estudios (ENAE); por otro lado está el proceso de formación de una importante generación de científicos mexicanos, iniciada por el maestro en matemáticas Sotero Prieto, de la cual destacó Manuel Sandoval Vallarta como el primer alumno en continuar su formación académica en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), una de las instituciones extranjeras de mayor prestigio en investigación científica hasta la fecha.

En el ámbito local, las prácticas científicas del periodo posrevolucionario seguían una dinámica determinada por las circunstancias económicas, sociales y políticas¹². Las instituciones educativas tenían una vida efímera que impedía el arraigo de los escasos espacios desarrollados para el trabajo académico y de investigación. En el área de la física, los grupos de trabajo se mantenían escasamente vinculados a las actividades de discusión y difusión de temas científicos promovidos por la Sociedad Científica Antonio Alzate. Con el decreto de autonomía de la UNAM en 1929 ocurrió uno de los momentos de mayores cambios en los sectores de la educación superior y de investigación. En particular, se concentraron varios institutos de investigación, que operaban

de manera aislada en el país: Geología, Biología y Geografía, a los que siguieron otros de las áreas de sociales y humanidades, constituyendo la estructura académica más grande y el escenario histórico más viable para el desarrollo de la práctica científica académica. Sin embargo, el desarrollo de las ciencias exactas aún seguía ligado a escuelas de física y matemáticas dependientes de las Facultades de Ingeniería y de Filosofía y Letras. La física, hasta antes de la creación del IF-UNAM en 1938, se redujo a las actividades de enseñanza, difusión del conocimiento existente y a la formación de profesores de distintos niveles. En este ambiente surgió la segunda generación de investigadores en física, de la que formaban parte, como profesores universitarios, Alfonso Nápoles Gándara, Mariano Hernández y AB¹³.

En el aspecto de la formación de recursos humanos en el extranjero, Manuel Sandoval Vallarta (MSV) inició, en forma paralela, sus estudios de doctorado y los primeros trabajos de investigación científica en temas de ingeniería eléctrica¹⁴. Los resultados obtenidos le permitieron publicar, desde el extranjero, sus primeros trabajos entre 1922 y 1926 en revistas internacionales de las áreas de ingeniería eléctrica. Asimismo, la extensión de sus resultados al estudio teórico de las oscilaciones mecánicas le permitió publicar trabajos en revistas del área de física matemática (*Journal of Mathematics and Physics*), así como acceder, por primera vez en 1925, a una revista con cobertura en el SCIE, con la publicación de tres trabajos en la modalidad de resúmenes en la revista más importante del área: *Physical Review*. En 1927 continuó su formación en Alemania, en la Universidad de Berlín, líder mundial en el área de física, donde siguió publicando sus resultados en diferentes revistas, incluyendo las de mayor impacto como *Nature*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *Review of Modern Physics* y *Physical Review*. Históricamente, la producción científica de MSV representa la primera aportación de un físico mexicano a la ciencia internacional, generada en instituciones extranjeras.

MSV mantuvo contacto con la escasa comunidad científica mexicana, mediante visitas regulares a nuestro país, compartiendo los resultados de sus investigaciones en presentaciones en la Sociedad Científica Antonio Alzate y la publicación de trabajos y traducciones en las Memorias de esta

sociedad, así como en otras revistas locales como *Ciencia*, *Boletín de la Sociedad Matemática Mexicana*, *Memorias del Colegio Nacional*, *Cuadernos Americanos* y el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, principalmente.

El prestigio internacional alcanzado por MSV motivó a AB y Carlos Graef, becados por la Fundación Guggenheim en 1936 y 1937, respectivamente, a iniciar su formación en el MIT bajo la dirección de MSV, en el momento de mayor influencia y reconocimiento internacional de su trabajo de investigación. En esta colaboración continuaron el estudio de la radiación cósmica y lograron resultados de investigación que les permitieron acceder a los patrones de publicación de las revistas de corriente principal del área. AB publicó, desde el extranjero y como autor único, sus dos primeros trabajos de extensión regular en 1939: uno sobre las órbitas asintóticas de los rayos cósmicos primarios, publicado en *Physical Review*; y otro sobre los principios teóricos fundamentales de la radiación cósmica, aceptado en *Journal Franklin Institute* (trabajos 1 y 2 de la tabla 2); resalta en ellos una concepción moderna de la ciencia, distinta a la que prevalecía en México hasta entonces¹⁵.

En la década de los años treinta, sobre todo en el periodo del gobierno de Lázaro Cárdenas (1934-1940), ocurrieron importantes acontecimientos en la nación a nivel nacional en los ámbitos del sector de la educación superior y la investigación. En 1935 fue creado el Consejo Nacional de la Educación Superior y la Investigación Científica, que además de servir de órgano de consulta, abrió la posibilidad de desarrollar una política científica nacional¹⁶. En 1936 se fundó la segunda mayor institución nacional de educación superior, el Instituto Politécnico Nacional (IPN), donde se iniciaron procesos de institucionalización de la enseñanza y la investigación en el área de física. En este periodo, uno de los antecedentes más importantes, en términos de infraestructura, lo constituyó el montaje de un laboratorio de rayos cósmicos en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Físicas y Matemáticas en 1937 (13). Por otro lado, y gracias a la iniciativa del esfuerzo individual de R. Monges López, se creó la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas, que se convirtió posteriormente en la Facultad de Ciencias de la UNAM. R. Monges López también dirigió los Institutos de Geología y de Geofísica e intervino,



en 1938, en la creación del Instituto de Ciencias Físico Matemáticas, mismo que dio origen a los actuales Institutos de Física y de Matemáticas de la UNAM.

Con la creación de la Facultad de Ciencias, el Instituto de Física y el Observatorio Astronómico Nacional de Tonantzintla se inició, en el área de la física, una etapa que J.J. Saldaña¹⁵ identifica como protoacadémica, en el sentido de que reconoce la necesidad de un trabajo científico original, especializado, colectivo, relativamente autónomo y realizado conforme a cánones profesionales.

Proceso de institucionalización

AB participó en un periodo histórico de cambios ocurridos en las formas de organización de la ciencia mexicana que tuvieron lugar, con distinta intensidad, en instituciones de diferentes sectores, principalmente en el ámbito de las ciencias de la salud (medicina general y biomedicina), en el terreno industrial (química y farmacología de los esteroides) y en la investigación académica universitaria (la física de los rayos cósmicos). Los cambios en el ámbito académico están caracterizados por una evolución de los métodos de investigación

y de enseñanza científica, de un estado de actividades desarrolladas en un aislamiento estructural hacia formas de organización más productivas y más integradoras de programas de investigación y docencia, fuertemente apoyados en formas de organización colaborativa de las prácticas científicas.

Como se muestra en la tabla 1, AB participó en distintas actividades relacionadas con el desarrollo general de la física en nuestro país, antes y después de ser director del IF-UNAM. En el periodo 1927-1936 se graduó primero como ingeniero electricista y después como doctor en Ingeniería en Johns Hopkins University. A su regreso al país, participó en actividades de enseñanza como profesor de cursos de física teórica y en Teoría de corrientes alternas, en la carrera de ingeniero electricista, en la Escuela Nacional de Ingenieros de la UNAM y la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Secretaría de Educación Pública (ESIME-SEP).¹⁷ Fue profesor en la nueva Facultad de Ciencias de la UNAM y fundador de la licenciatura en física¹⁸, para la cual él y el Ing. R. Monges López elaboraron el reglamento y los planes de estudio en las áreas de física y matemáticas.

En 1939 el Instituto de Ciencias Físico Matemáticas de la UNAM se dividió en dos: uno de Matemáticas y el otro de Fí-

sica¹³. Este último inició sus operaciones en condiciones difíciles debido a la escasez de recursos humanos preparados, infraestructura e instalaciones. Se instaló en un local del Palacio de Minería, que consistía en “un solo cuarto donde trabajaban el director (Alfredo Baños, el único con doctorado), tres o cuatro investigadores y la secretaria”¹⁹. Esta situación no cambió mucho durante su gestión de cinco años (1938-1943). Se mantuvo con una estructura ligera y un funcionamiento administrativo de pocas reglas; con una operación administrativa fuertemente concentrada en las decisiones del director, aspectos que le permitieron plasmar la impronta de su concepción moderna del trabajo científico. Desde un principio hizo prevalecer su liderazgo con la publicación de resultados originales de investigación en el tema de la radiación cósmica y su incorporación a los estándares de la publicación científica internacional; estos aspectos fueron asumidos como una función sustantiva de la institución. En esta primera etapa se gesta el perfil científico e internacional del IF-UNAM, que desde entonces lo distingue como una de las primeras instituciones del sector académico universitario en lograrlo.

En lo referente a la gestión de recursos e infraestructura científica, junto con otros miembros de la comunidad aca-

démica AB apoyó la creación de espacios para la investigación y la instalación de instrumental científico, orientado a fomentar el trabajo experimental y la enseñanza práctica, tanto en el Instituto de Física como en la Escuela Nacional de Ingenieros, así como la instalación del Laboratorio de Medidas Eléctricas de Precisión y el sistema de contadores Geiger, ambos dependientes del IF-UNAM en su sede del Palacio de Minería²⁰.

AB estableció acuerdos de colaboración académica y de investigación entre el IF-UNAM y las entidades con programas afines en el área como la Facultad de Ciencias y los Observatorios Astronómicos de Tonantzintla y Tacubaya.

También colaboró en la conformación de la primera Sociedad Mexicana de Ciencias Físicas y fue vicepresidente de su primera mesa directiva²¹. A principios de los años sesenta, AB regresó a México. Aprovechando una estancia sabática participó en las primeras actividades de investigación del Departamento de Física del Cinvestav. En este tiempo escribió parte de su libro Dipole Radiation in the Presence of a Conducting Half-Space, el más relevante de sus trabajos en términos del número de citas bibliográficas obtenidas.

Tabla 1. Contribución de Alfredo Baños a la institucionalización de la física moderna mexicana.

Período e Institución	Posición	Aportaciones y Resultados
1927-1936		
- Johns Hopkins University	- Estudiante	- Ingeniero Electricista - Doctor en Ingeniería
1933		
- UNAM. Escuela Nacional de Ingenieros - Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - SEP	- Profesor - Encargado del laboratorio de física	- Enseñanza. Profesor de física teórica - Ingeniería. Teoría de corrientes alternas
1936-1938		
- Massachusetts Institute of Technology	- Estudiante de doctorado - Investigación Institucionalización de la enseñanza de la física	- Doctor en Filosofía. Física Teórica. - Dos trabajos publicados en revistas SCIE - Reglamentos de estudio - Planes y programas de estudio en física y matemáticas - Establecimiento de relaciones de cooperación con: Facultad de Ciencias y los Observatorios Astronómicos de Tonantzintla y Tacubaya

Período e Institución	Posición	Aportaciones y Resultados
1938-1943		
- UNAM. Instituto de Física	- Profesor - Investigador - Gestión de recursos e infraestructura - Organización de la comunidad científica y promoción de la física	- Fundador de la licenciatura en física en México - Cátedra de física teórica - Siete trabajos de investigación sobre rayos cósmicos. Seis publicados en revistas SCIE y uno a nivel local. - Instalación del Laboratorio de Medidas Eléctricas de Precisión - Instalación de un contador Geiger - Vicepresidente de la Primera Sociedad Mexicana de Ciencias Físicas
1944		
- Massachusetts Institute of Technology	- Investigador	- Un artículo de investigación sobre rayos cósmicos publicado en una revista SCIE
1961-1962		
- Cinvestav - UCLA	- Investigador	- Un libro
1946-1993		
- UCLA	- Investigador	- 28 artículos de investigación publicados en revistas SCIE

Producción científica

La obra científica de AB fue publicada en el periodo 1939-1993. La tabla 2 incluye 38 trabajos: 36 artículos en revistas incluídas en el SCIE, uno en una revista local y otro como libro. Los primeros nueve corresponden al área de radiación cósmica, elaborados durante su estancia en el MIT y el IF-

UNAM. En su adscripción a la UCLA publicó 28 trabajos sobre el tema de radiación electromagnética, y en la primera mitad de la década de los años sesenta, escribió un libro en dos instituciones DF-Cinvestav y UCLA.

Los cuatro trabajos publicados entre 1939 y 1941 (tabla 2) corresponden a las primeras publicaciones científicas de la

Tabla 2. Producción científica de Alfredo Baños.

Núm.	MIT	CITAS	TEMA**
1	Baños, A	J Frankl Inst 1939 227	0 1
2*		623-45	
3	Baños, A	Phys Rev 1939 55	2 1
	Baños, A	Phys Rev 1946 70	0 1
		448	
IF-UNAM			
4	Baños, A	Phys Rev 1939 55	1
		621-23	
2*	Baños, A; Uribe, H; Lifshitz, J	Rev Mod Phys 1939 11	2 1
		137-48	
5	Schremp, EJ; Baños, A	Phys Rev 1940 58	5 1
		662-63	
6	Schremp, EJ; Baños, A	Phys Rev 1941 59	5 1
		614	
7	Baños, A; Perusquía, ML	Phys Rev 1947 71	0 1
		276	
8	Baños, A; Perusquía, ML	Rev Sci Instr 1948 19	0 1
		239-43	
9	Baños, A	Análisis estadístico de coincidencias de rayos cósmicos. Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura, 1941	1
UCLA			
28 Trabajos publicados en las siguientes revistas:			
10-16	7 - Physical Review		
17-22	6 - Bull Am Phys Soc		
23-26	4 - Physics of Fluids		
27-29	3 - J Applied Physics		
30-32	3 - J Math Phys		2
33	1 - IEEE Trans Anten Propag	174	
34	1 - IEEE Trans Plasma Sci		
35	1 - Nuovo Chim		
36	1 - Phys Rev Lett		
37	1 - Proc Roy Soc London		
Cinvestav - UCLA			
38	Baños, A	Dipole Radiation in the Presence of a Conducting Half-Space Oxford : Pergamon Press, 1966, 245 p.	474 2

Fuente: Science Citation Index Expanded: Web of Science: 1939-2006

*Se trata del mismo trabajo que aparece con doble dirección de adscripción: mit y unam.

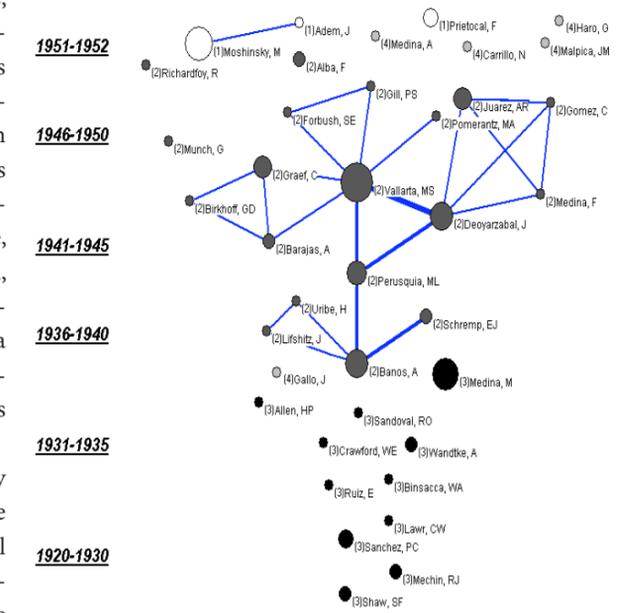
**1 = rayos cósmicos; 2 = radiación electromagnética

física moderna en México. Con características de una práctica científica emergente, surgida en espacios universitarios, dichos trabajos se basan en investigaciones de tipo teórico, se escriben en colaboración, con resultados sometidos al juicio de sus pares, y se publican en dos de las principales revistas del área: Physical Review y Review of Modern Physics. Los primeros reconocimientos recibidos por estos trabajos entre sus pares, en revistas de la misma línea de investigación como Nuovo Cimento, Physical Review, Nature, y Physikalische Zeitschrift, a principios de los años cuarenta, representan el inicio de los indicadores de impacto internacional de la ciencia académica universitaria mexicana, en la medida que marcan el inicio de un reconocimiento continuo y creciente en forma de citas bibliográficas registradas en los índices internacionales.

AB también publicó trabajos escritos en el idioma y fuentes locales. Con los datos obtenidos con el sistema de contadores Geiger, que se instaló en la UNAM, se produjo el primer artículo de investigación en física realizado en México, publicado en 1941 con el título "Análisis estadístico de coincidencias de rayos cósmicos" (trabajo núm. 9 de la tabla 2). En él agradece a otros investigadores del instituto, M.L. Perusquía y Fernando Alba por su valiosa colaboración²².

A su salida del IF-UNAM, se desempeñó brevemente como investigador en el Laboratorio de Radiación del MIT y después en la UCLA. Desde estas posiciones mantuvo una relación con algunos miembros de la comunidad mexicana de física, y entre 1947 y 1948, terminó dos trabajos pendientes en colaboración con M.L. Perusquía, adscrito al IF-UNAM, con datos experimentales obtenidos en este instituto con un aparato diseñado, construido y operado por estos dos autores. Ambos trabajos tratan sobre la determinación del efecto acimutal en la radiación cósmica primaria: uno fue presentado en la reunión sobre rayos cósmicos de la Sociedad Americana de Física, celebrado en Los Ángeles, California, en 1947, y el otro fue publicado como artículo regular en 1948 (trabajos 7 y 8 de la tabla 2).

Figura 1. Red de coautoría de las ciencias afines a la física en México: 1920-1952.



1. Ingenierías: civil, metalúrgica, geodesia; 2. rayos cósmicos; 3. física matemática, y 4. otros temas.

Investigación en rayos cósmicos: nuevas prácticas científicas

Existen pocos antecedentes en los índices de la literatura científica internacional acerca de trabajos de investigación generada en México en instituciones del sector académico anterior a los trabajos producidos sobre radiación cósmica en el IF-UNAM. El SCIE incluye tres trabajos: dos con adscripción a la Escuela de Medicina, incorporada a la UNAM, y otro de la Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo. Los dos primeros fueron publicados en Archives of Dermatology and Syphilology en los años 1930 y 1933, respectivamente, y el tercero en Science, en 1936. Los antecedentes más relati-

nados con las ciencias físicas se encuentran en publicaciones de las áreas de ingeniería civil, metalúrgica y geofísica, desarrolladas principalmente en el sector de la industria minera y en dependencias del gobierno, dedicadas a estudiar aspectos referentes a la extracción de minerales, la geografía, la geodesia y la climatología del país.

La figura 1 muestra las estructuras de organización y los modos de producción científica adoptados en las ingenierías (civil, metalurgia, geodesia), la física de rayos cósmicos, la física matemática y otras disciplinas afines a la física desarrolladas en el periodo de 1920-1952. Los nodos representan a los autores, el tamaño del nodo su producción, las líneas indican trabajos en colaboración entre dos o más investigadores, y el grosor de las mismas la densidad de las relaciones de coautoría entre los autores.

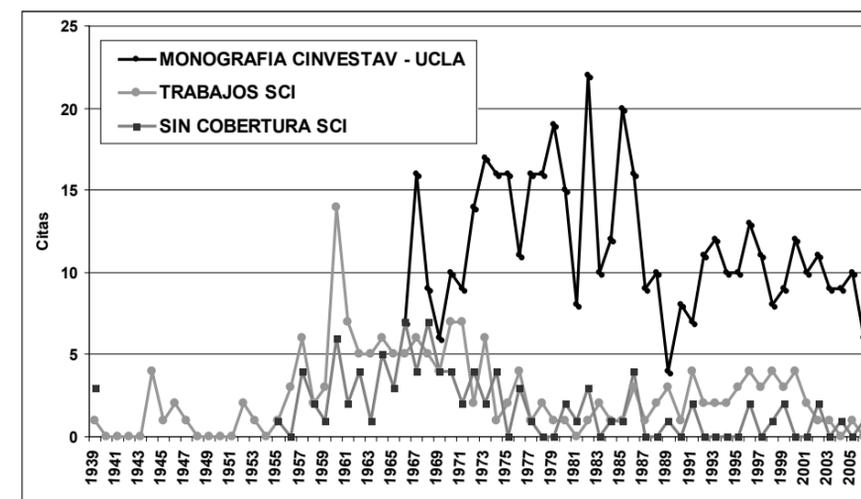
Según las relaciones de coautoría resultantes de los trabajos publicados en revistas internacionales, cada una de las disciplinas temáticas reproduce distintas estructuras de colaboración y densidad de relaciones. Las ingenierías representan las principales áreas de publicación en las décadas de los años veinte y treinta. Los trabajos publicados en este periodo son resultado de prácticas científicas desarrolladas en circunstancias de un aislamiento estructural, caracterizado por la falta de continuidad de los resultados y la escasez de elementos vinculantes entre los autores, las temáticas abordadas y las instituciones sedes de las investigaciones. Además corresponden a una organización del trabajo basada en las investigaciones individuales de autoría única, con ausencia de referencias bibliográficas, sin reconocimiento en citas entre sus pares, y con una marcada orientación a la solución de problemas locales, que era la única ciencia que parecía no sólo útil, sino políticamente aceptable²³. Los trabajos con mayor continuidad en esta etapa corresponden a los reportes anuales elaborados por M. Medina sobre la geodesia mexicana, que se mantuvo durante un largo periodo de 16 años (1929-1944), pero sin ningún vínculo con otros trabajos en términos temáticos, de coautoría, referencias y citas.

La introducción y el arraigo de la línea de investigación sobre rayos cósmicos en el IF-UNAM fueron acompañados de un proceso de apropiación de una práctica científica que introdujo características distintas a la ciencia académica

mexicana actual. El cultivo de este tema de investigación teórica fue influido por el interés de aportar resultados originales desde el ámbito local al repertorio internacional de conocimientos sobre la radiación cósmica, desarrollado en el ámbito académico en el periodo 1939-1952, principalmente, como lo muestra la figura 1. Esta línea de investigación dependió de una forma de organización basada en la continuidad y diversificación de las relaciones de colaboración científica y la obtención de resultados, mediante diferentes funciones desempeñadas de manera complementaria por sus distintos autores. El trabajo de investigación en este tema iniciado por AB evolucionó gradualmente: de la forma individual tradicional de hacer investigación a la colaboración entre dos y tres colegas, hasta alcanzar una actividad científica más estructurada e integrar el primer grupo de investigación colaborativa en el tema. Desde el extranjero colaboró con dos trabajos, uno en 1947 y otro en 1948, que aportaron a la continuidad de la producción científica en el tema y relacionaron las investigaciones del primero con el segundo grupo, gracias a la intermediación de M.L. Perusquía, como se muestra en la figura 1. Los trabajos de un segundo grupo de investigación atrajeron la participación de otros científicos extranjeros (G.D. Birkhoff, E.J. Schremp, S.E. Forbush), españoles exiliados (J. Deoyarzabal) y mexicanos formados localmente y en el extranjero, organizados en una práctica científica colaborativa, con una estructura de relaciones de coautoría claramente cohesionadas por el prestigio científico de MSV. Bajo este liderazgo, que influyó también en la celebración del primer congreso en la ciudad de México de la American Physical Society en 1950, el tema de la radiación cósmica alcanzó su mejor momento en el periodo 1947-1952. En el año 1950 logró su mayor producción científica, debido a la presentación de trabajos de investigadores mexicanos en este congreso y su publicación en la revista *Physical Review*, en la modalidad de resúmenes.

El tema de los rayos cósmicos perdió interés a partir de los primeros años de la segunda mitad del siglo xx. Empezaron a surgir trabajos en el área de física matemática, desarrollados principalmente por Marcos Moshinsky, que para el año de 1952 ya tenía una producción científica similar a la de MSV, como lo muestra el tamaño de los nodos de la figura

Figura 2. Impacto de los trabajos científicos de Alfredo Baños.



Fuente: Science Citation Index Expanded: versión Web of Science: 1939-2006.

1, pero bajo una forma de organización distinta, basada en la producción de autoría individual.

Repercusión internacional

Siendo profesor de la UCLA, AB fue invitado por el patronato del Cinvestav con el fin de crear el Departamento de Física (DF), invitación que habían rechazado los doctores Marcos Moshinsky y Richard Feynman. Aceptó la invitación por 18 meses a partir de agosto de 1961. En este periodo ocurrieron dos cosas: por un lado, AB no aceptó dirigir el DF-Cinvestav y, por otro lado, durante su estancia completó la mayor parte del libro titulado *Dipole Radiation in the Presence of a Conducting Half-Space*, que fue concluido en la UCLA en los años 1963-1964 y publicado como una obra monográfica de la colección "International Series of Monographs in Electromagnetic Waves" (trabajo 38 de la tabla 2). Este trabajo apareció en el Anuario del Cinvestav²⁴ como la primera publi-

cación del DF-Cinvestav en 1963. La versión final, publicada en 1966, incluía la siguiente nota: "La mayor parte del trabajo aquí presentado que comprende los primeros poscapítulos, fue completado en la Ciudad de México durante 1961-1962, mientras el autor gozaba de una licencia sabática de la Universidad de California, Los Ángeles, para desempeñarse como profesor visitante del recientemente creado Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional"²⁵. Esta publicación no se encuentra incluida en el SCIE; sin embargo, ha sido citada en una gran cantidad de trabajos publicados en fuentes que sí son seleccionadas por el índice mencionado. Esto representa para AB un impacto mayor al obtenido por el resto de sus trabajos, como lo muestra la gráfica de la figura 2.

Las publicaciones de AB recibieron un total de 746 citas en el periodo 1939-2006, que se muestran organizadas en tres grupos de citas, en la figura 2. (a) La primera línea corresponde a la distribución anual de 474 citas hechas entre 1966-2006 al trabajo desarrollado en Cinvestav-UCLA,

que representa 64% del total. (b) La línea correspondiente a “trabajos sci” incluye 174 citas hechas a 21 de los 36 trabajos publicados en revistas SCIE, representa al 23%. (c) La línea de menor crecimiento muestra la distribución anual de 98 citas hechas a 21 trabajos sin cobertura en SCIE y representan 13% del total. La producción sobre el tema de la radiación cósmica recibió únicamente 2% de las citas y 98% restante fue para los trabajos sobre radiación electromagnética.

El trabajo de AB forma parte de un tipo de literatura que se encuentra en el SCIE únicamente bajo el rubro de fuentes citadas, sin formar parte de los índices utilizados en la búsqueda de información. Esto impide recuperar sus citas por los elementos bibliográficos convencionales, como son el nombre del país y de la institución de adscripción de los autores, entre otros. De tal manera que el impacto de este tipo de trabajos pasa generalmente inadvertido para efectos de evaluación y desarrollo de indicadores bibliométricos nacionales e institucionales. Estas citas se recuperan únicamente mediante la opción de búsqueda de referencias citadas por el nombre del autor, generalmente para propósitos de análisis de citas individuales. En un trabajo reciente sobre la física mexicana se identificaron, con base en datos del

SCIE, 63 publicaciones con más de cien citas en el periodo 1959-2000; se trata de 54 artículos de revistas, ocho libros y un capítulo en libro, considerados como los trabajos más citados publicados por físicos mexicanos²⁶. Los ocho trabajos publicados en forma de libros, presentan una situación parecida a la obra de AB, en la medida que sólo existen como fuentes citadas en los registros SCIE. De estos seleccionamos tres que presentan características similares a su trabajo (tabla 3). Y corresponden a libros publicados en la década de los años sesenta, con periodos de vida citable durante cuatro décadas de manera ininterrumpida. La lista no incluye otros artículos de investigación relevantes publicados en revistas en este periodo. Hace falta una investigación exhaustiva de los trabajos y revistas que, aun fuera de la visibilidad del SCIE, han logrado un impacto relevante. Por ejemplo, se conoce poco el impacto internacional logrado por la astronomía mexicana, con los trabajos publicados en el Boletín de los Observatorios Tonantzintla y Tacubaya. Destacan ahí por lo menos cuatro trabajos con más de cien citas en promedio, que la ubican como la revista local con el grupo de trabajos más relevantes en citas, comparada con las 121 revistas analizadas en dos estudios recientes²⁷, con informa-

ción referente a la producción e impacto alcanzados por las revistas latinoamericanas incluidas en toda la historia de los índices del Institute for Scientific Information.

El trabajo de AB, junto con los trabajos 2, 3 y 4 de la tabla 3, forma parte de las obras monográficas de mayor influencia y relevancia, en términos de citas, en la historia de la literatura científica de la física mexicana, publicadas en la década de los años sesenta.

Las 474 citas hechas al trabajo de Baños se encuentran en trabajos publicados principalmente como artículos de revistas y en 55 casos en trabajos de revisión, notas y cartas al editor. Su obra ha sido citada en trabajos publicados en 130 títulos de revistas distintas, con una alta concentración en 11 de ellos, donde destacan dos: (a) Radio Science y (b) IEEE Transactions on Antennas and Propagation, con 128 citas que representan 17% del total. Las citas se encuentran en trabajos clasificados en 36 categorías temáticas, principalmente en las áreas de telecomunicaciones; ingeniería eléctrica y electrónica; geoquímica y geofísica; sensamiento remoto; instrumentos e instrumentación; meteorología y ciencias atmosféricas; óptica y ciencia físicas.

social y política del periodo nacionalista posrevolucionario de finales de la primera mitad del siglo xx²⁹. Una etapa caracterizada por un importante crecimiento y diversificación de la comunidad científica mexicana, con actividades de investigación y docencia tenían en la mira el marco normativo de la ciencia internacional, como parte de los valores adquiridos en el proceso de migración y formación profesional en instituciones extranjeras.

AB encabezó, como director del IF-UNAM, el proceso de institucionalización y profesionalización de las prácticas científicas de la física en México. Desde un principio asumió e incorporó a las actividades del instituto importantes valores de la cultura científica universal: la libertad de elección de los temas de investigación, la promoción del trabajo en colaboración, la continuidad de resultados, el apego a la revisión de los pares y el cumplimiento de los estándares de la publicación científica, seguidos por la comunidad científica internacional. Con estos antecedentes fue posible, en una ciencia básica como la física, adoptar temas como la radiación cósmica, una línea de investigación teórica, carente de vínculos con aplicaciones prácticas. Estas características contrastan con las del modo tradicional de hacer ciencia, seguidas en las áreas de ingeniería civil, metalúrgica, geología y geodesia; todas ellas concebidas como actividades de investigación dirigidas a mantener la orientación pragmática y los fines utilitarios de los conocimientos. En este sentido, el desarrollo y arraigo de los resultados de investigación en el IF-UNAM rompieron con la orientación utilitaria y corporativista tradicional, que había caracterizado a las prácticas científicas precedentes. Así desde un principio la ciencia académica universitaria, se diferenció de otros procesos exitosos de institucionalización de prácticas científicas seguidos en instituciones de los sectores de salud y la industria químico-farmacéutica.

A pesar de sus cortas estancias en el país, AB imprimió en sus distintas actividades como profesor en la ESIME-SEP e investigador en el IF-UNAM y el DF-Cinvestav, la huella de su concepción moderna del trabajo científico. Introdujo una forma de organización que promovió las relaciones de colaboración entre colegas, mediante la publicación de trabajos en coautoría y dio origen a una estructura de relaciones de

Conclusiones

La ciencia moderna y sus instituciones fueron concebidas y materializadas en el país a partir del siglo XIX²⁸. Sin embargo, la categoría de entidad científica, comprendida ésta como la capacidad para estimular y generar conocimientos originales de manera continua, aunado a la aplicación de la observación y la experimentación al proceso de la enseñanza, no se adquirió en la etapa de su creación. Tampoco en las primeras décadas del siglo XX, en el periodo de anexión de la mayoría de los institutos de investigación existentes a la UNAM, ocurrida después del decreto de autonomía en 1929²⁸. El proceso de institucionalización del científico internacional, como un valor sustantivo del funcionamiento de las instituciones de investigación, encontró arraigo en el ámbito universitario de nuestro país con la creación del IF-UNAM, que fue promovido por un movimiento amplio de la comunidad académica en las circunstancias de estabilidad

Tabla 3. Libros más citados de la física mexicana en los años sesenta.

Núm.	Autores	Títulos	Editorial, año	Citas	Años citados ¹
1	Baños, A	Dipole Radiation in the Presence of a Conducting Half-Space	Oxford : Pergamon Press, 1966	474	41
2	Brody, TA y Moshinsky, M	Tables of Transformation Brackets	New York : Gordon & Breach, 1960 y 2a ed. 1967 New York : Gordon & Breach,	435 ²	46
3	Moshinsky, M	Group theory and the Many-Body Problem	1967 New York : Gordon & Breach,	233	40
4	Moshinsky, M	The Harmonic Oscillatory in Modern Physics: from Atoms to Quarks	1969	258	39

1 Registradas en scie, 1960-2006.

2 Incluye las citas hechas a las dos ediciones de la obra: 1960 y 1967.



colaboración, que evolucionó, de su modalidad más sencilla, entre dos autores, hacia una estructura que se reprodujo con la formación de otros grupos de investigación, interconectados en el tiempo en una red de relaciones de trabajo colaborativo. Esta modalidad de organización, constitutiva de la comunidad de investigación en la física de rayos cósmicos, que se articuló centralmente bajo la influencia del liderazgo científico de unos y el prestigio internacional de otros, representa el antecedente de la conformación del primer frente de investigación de la física mexicana, la ciencia universitaria y la ciencia académica nacional, en el periodo 1939-1952.

Más allá de los aspectos cuantitativos referentes a la producción y el impacto científico logrado por AB en el tema de los rayos cósmicos, su presencia en los índices bibliométricos le dieron identidad internacional al IF-UNAM y a la ciencia universitaria mexicana, como un nuevo nodo ligado a la red internacional de generación de conocimientos en el paradigma de las líneas de investigación en rayos cósmicos.

Como investigador del DF-Cinvestav, AB desarrolló una práctica científica con características contrastantes con la del

IF-UNAM: esta vez desarrolló un trabajo monográfico, bajo una forma de investigación aislada, sin vínculos temáticos ni relaciones de colaboración con la comunidad científica local, con un alto impacto internacional aunque sin crédito en los índices bibliométricos para las instituciones sedes del trabajo ni para la ciencia académica local. Todos estos aspectos complementan la interpretación historiográfica bibliométrica de la aportación de AB al desarrollo de la física mexicana y la ciencia académica universitaria en México.

Agradecimientos

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias del Dr. Miguel Ángel Pérez Angón (Departamento de Física del Cinvestav), Gabriel Vélez Cuartas. (Colombia. Universidad de Antioquia. Departamento de Sociología) y el Dr. Julio Herrera Velásquez (Instituto de Ciencias Nucleares. UNAM).

REFERENCIAS

1. J.R.R. Christie, en: Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia (México, UNAM, 2005) p. 43; L. Laudan. *Ibid.*, p. c31.
2. J.J. Saldaña, en: Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología (México, DF, 1989) t. I p. 5; E. Trubulsee. *Ibid.*, p. 51.
3. D.R. Matavers, *Contemp Phys*, 47, 167 (2006).
4. S. Edna, en: Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia (México, UNAM, 2005) p. 17.
5. P. Findlen, *Isis*, 96, 230 (2005).
6. R.E. Kohler, *Isis*, 96, 224 (2005).
7. E. Garfield, *J Inf Sci*, 30, 119 (2004); *J Am Soc Inf Sci Technol*, 54, 400 (2003); *Proceedings of the International Society for Scientometrics and Informetrics* (Madrid, Sp. 2007) p. 22; Y.J. Gómez, *ibid.*, p. 346.
8. Thompson-ISI. Web of Knowledge. Disponible en línea: http://apps.isiknowledge.com/UA_GeneralSearch_input
9. W. Nooy, et al... (Cambridge, Cambridge University Press, 2005).
10. M.P. Ramos Lara, *Rev Mex Fis E*, 51, 137 (2005).
11. M.E. Luna-Morales; F. Collazo-Reyes y J.M. Russell, en: *Proceedings of the International Society for Scientometrics and Informetrics* (Madrid, Sp. 2007) p. 523.
12. J.J. Saldaña, *Quipu*, 11, 195 (1994).
13. R. Domínguez Martínez, (México, UNAM, 2000).
14. A. Mondragón, *Ciencia*, ene-mar, p. 53 (1999).
15. J.J. Saldaña y L.F. Azuela, *Quipu*, 11, 135 (1994).
16. R. Casas, *Cuadernos de Investigación Social*, 11, UNAM Instituto de Investigaciones Sociales (1985).
17. A. Aragón Leiva, *El Nacional*, junio de 1935.
18. A. Menchaca, en: *Las ciencias exactas en México* (México, Fondo de Cultura Económica, 2000) p. 97.
19. M. Moshinsky, en: *Forjadores de la ciencia en la UNAM* (México, UNAM, 2003) p. 15.
20. *El Universal*, 28 de noviembre de 1942.
21. *El Universal*, 23 de enero de 1943.
22. F. Alba Andrade, en: *Forjadores de la ciencia en la UNAM* (México, UNAM, 2003) p. 79.
23. R. Pérez-Tamayo, (México, FCE, 2005).
24. *Cinvestav. Anuario 1963. Publicaciones del Departamento de Física*, p. 13.
25. A. Baños, (Oxford, Pergamon Press, 1966).
26. L. Gottdiener, *Rev Mex Fis*, 52, 95 (2006).
27. M.E. Luna-Morales, F. Collazo-Reyes, *Rev Esp Doc Cient*, 30, 523 (2007); F. Collazo-Reyes; M.E. Luna-Morales; J.M. Russell, and M.A. Pérez-Angón, *Scientometrics*, 75, 145 (2008).
28. J.J. Saldaña, en: *La Casa de Salomón en México* (México, UNAM, 2005).
29. R.M. Castañeda Castillo y G. Zamudio Varela, en: *Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y de la Tecnología* (México, DF, 1989) t.1 p. 166.