

LA CIENCIA EN LA CULTURA: LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN MÉXICO

Alfonso Mondragón

Instituto de Física
Universidad Nacional Autónoma de México

Es la ciencia solamente lo que puede resolver los problemas del hambre y la pobreza, de la insalubridad y el analfabetismo, de la superstición y vastos recursos que se desperdician, en un país rico habitado por gente que se muere de hambre... ¿Quién, de veras, se podría dar el lujo de ignorar la ciencia hoy?... A cada paso tenemos que buscar su ayuda... El futuro pertenece a la ciencia y a quienes son amigos de la ciencia¹.

Jawaharlal Nehru (1889-1964)
El Primer Ministro de la India Libre

En este texto voy a ocuparme de la ciencia como parte de la cultura mexicana. No pretendo cubrir todos los aspectos de tan interesante tema, tampoco puedo hablar con la autoridad de un profesional de la materia, pues no soy antropólogo ni sociólogo. Ofrezco mis opiniones -que son las de un físico teórico- apoyado en la experiencia de muchos años de investigación y enseñanza en el Instituto de Física y en la Facultad de Ciencias de la UNAM. En primer lugar expondré porqué la ciencia y la investigación científica son importantes en la cultura contemporánea. Más adelante daré una idea de cómo se compara México con otros países por la cantidad y calidad de su producción científica. Siempre que sea posible, usaré como ejemplo aquel dominio de la ciencia que conozco mejor: la física, las matemáticas y la química.

DISPARIDAD CIENTÍFICA

Dos preguntas

La evolución cultural ha liberado al

hombre de la angustiada búsqueda cotidiana del sustento, de la necesidad de protegerse de las inclemencias del tiempo y de la necesidad de defenderse de los ataques de las fieras. En la actualidad las disparidades culturales entre los pueblos producen relaciones complejas que en muchos aspectos son de colaboración, pero que, con frecuencia, se manifiestan como rivalidad y competencia por el acceso a las materias primas, el dominio de un territorio o el control político y económico. En esta compleja relación son particularmente importantes las disparidades científicas, especialmente en la capacidad de producción de conocimientos científicos y de innovaciones tecnológicas. Una y otra vez la Historia nos muestra cómo, en las confrontaciones de los pueblos y las naciones, una ventaja científica y tecnológica relativamente pequeña se traduce en una ventaja abrumadora en el poderío político, económico o militar. Gracias a las comunicaciones modernas, ya no hay comunidades aisladas. Sin embargo, las disparidades científicas persisten. En

el caso de nuestro país, algunas de las razones que explican el atraso científico relativo son muy obvias. En primer lugar hay que mencionar la tradición histórica, pues el desarrollo cultural del México contemporáneo está firmemente arraigado en la cultura de Europa Occidental, tal como fue traída a nuestro país por los españoles durante la colonia. Cabe recordar que, si bien España asimiló y difundió en América los avances científicos logrados en Europa en los siglos XVI, XVII y XVIII, su participación en la creación científica y el desarrollo tecnológico de esa época fue marginal. Ya en el siglo XIX, en México, el final de la colonia marcó el inicio de un largo periodo de múltiples agresiones del extranjero, conflictos internos e inestabilidad política que duró desde el inicio de la guerra de Independencia, en 1810, hasta las primeras décadas de este siglo. En consecuencia, durante más de un siglo, la atención de los gobiernos mexicanos estuvo principalmente dirigida a la construcción del Estado y a la solución de los problemas de la soberanía política. A esto hay que agregar el predominio de las estructuras económicas coloniales, basadas en la exportación de materias primas y productos naturales no elaborados, que persiste hasta nuestros días junto a una evolución industrial débil, dependiente de tecnologías, maquinaria y equipos importados. Todo ello determinó el escaso desarrollo de la investigación científica asociada a la educación universitaria superior y una tradición científica débil y llena de interrupciones.

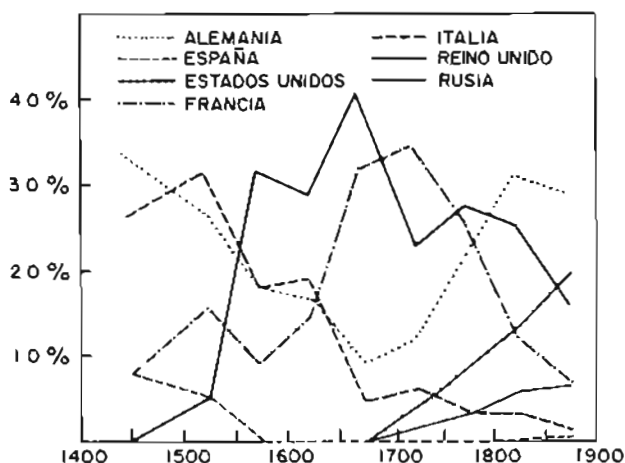
La ciencia en Europa Occidental del siglo XV al siglo XX

Durante el medio milenio que va del 1400 al 1900, la ciencia floreció en Europa Occidental. El desarrollo de los diferentes países se vio reflejado en el número de científicos notables originarios de cada país. Una idea de cómo

ocurrió esta evolución se puede obtener consultando un diccionario biográfico de ciencia y tecnología. Primero, se dividen los quinientos años que van de 1400 a 1900 en diez periodos de cincuenta años, después se cuentan los científicos de cada país nacidos en cada medio siglo. Este número se divide entre el número total de científicos de todos los países del mismo medio siglo y se obtiene así la fracción porcentual por país y por cada medio siglo.

Jorge Flores Valdés, del Instituto de Física de la UNAM, ha hecho esa cuenta con los nombres que aparecen en *A Biographical Encyclopedia of Science and Technology* de Isaac Asimov.³ Los resultados se muestran en la figura 1, pero antes de llegar a conclusiones hay que hacer algunas salvedades. En primer lugar, al contar el número de científicos por país, se favorece a los países con poblaciones grandes. Además, se debe tomar en cuenta que se contó a los científicos de acuerdo con la fecha de su nacimiento; si se hubieran contado de acuerdo con la fecha de su mayor actividad científica, las curvas estarían corridas unos treinta o cuarenta años. No se distinguió el país de origen de aquel

FIGURA 1



Distribución, por país de origen, del número de científicos notables nacidos en cada medio siglo desde 1450 hasta 1900, según el Diccionario Biográfico de Asimov. En el eje vertical se indica la fracción porcentual del total. En el eje horizontal se indican los años.

en que desarrollaron su labor. Finalmente, no hay que olvidar que la inclusión de algunos nombres en un diccionario biográfico y la consiguiente exclusión de otros no se puede hacer con criterios absolutamente objetivos, y por lo tanto está matizada por las preferencias del autor. Aun tomando en cuenta las salvedades anteriores, no hay duda de que las gráficas de la figura 1 dan una indicación muy clara sobre algunas tendencias generales.

Lo primero que llama la atención de la figura 1 es el dominio absoluto de Europa Occidental en la producción científica durante cuatro siglos y medio. En efecto, de acuerdo con las cifras obtenidas del diccionario biográfico de Asimov, casi todos los científicos nacidos entre 1400 y 1750 son europeos, y de éstos, el 90% del total son originarios de países de Europa Occidental. Sin embargo, no todos los países contribuyen por igual. La suma de las contribuciones de sólo cuatro

países -Alemania, Francia, Italia y el Reino Unido (Inglaterra, Escocia, Gales)- domina en forma absoluta de 1450 a 1850. Durante estos cuatro siglos la suma de la producción científica de los cuatro países es prácticamente constante e igual al 75% + 5% del total.

También se advierte de inmediato que la contribución relativa de los diferentes países cambia con el tiempo. La contribución de Alemania, que en los siglos XV y XVI es un tercio del total, disminuye hasta el 9% entre 1650 y 1700 para volver a crecer hasta el 30% a finales del siglo XIX. Francia y el Reino Unido dominan en la producción científica desde mediados del siglo XVI hasta mediados del XIX. Pero, en tanto que la producción científica del Reino Unido es consistentemente alta, y mayor o del orden del 30% durante los tres siglos que van de 1550 a 1850, la contribución de Francia al número de científicos distinguidos destaca entre la segunda mitad del siglo XVII y la primera mitad del siglo XIX y luego disminuye drásticamente hasta llegar a caer a menos del 8% a principios del siglo XX. La contribución relativa de Italia al número de científicos notables, que al inicio del siglo XV era un 25% del total, disminuye continuamente hasta llegar a ser menor del 1% al final del siglo XIX. En las gráficas de la figura 1 no se ve la contribución de los Países Bajos (Holanda, Bélgica) que tienen una población pequeña y son grandes productores de científicos con una contribución relativa muy alta durante dos siglos, de 1500 a 1700, que llega a ser el 22.5% del total entre 1550 y 1650, y que, considerando lo reducido de su población, sigue siendo importante hasta este siglo. España, que fue la puerta de entrada de la ciencia griega a Europa y estuvo en la vanguardia científica de Europa de los siglos XII al XIV, llega al siglo XV con apenas el 8% del total, que disminuye al 5% en el siglo XVI. A partir de 1600 y hasta finales del



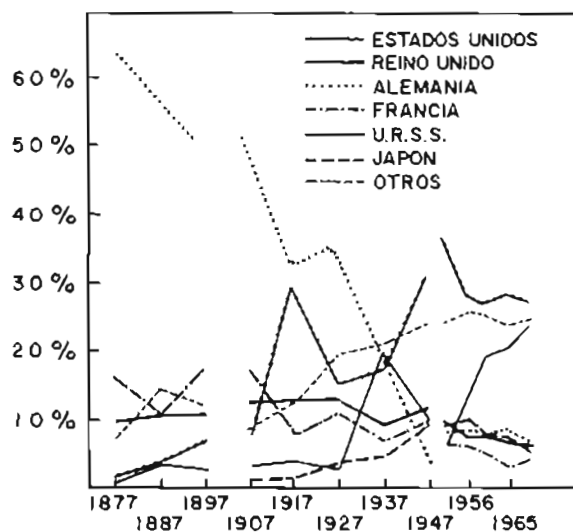
siglo XIX, la contribución de España es tan reducida que prácticamente no se ve en la gráfica. Es interesante notar que la declinación de la actividad científica en España y el consiguiente retraso científico y tecnológico de ese país ocurren precisamente en la época de la colonización de América. Rusia y los Estados Unidos empiezan a figurar como productores científicos tardíamente. Durante el siglo XVIII y la primera mitad del siglo XIX su contribución es marginal, pero a partir de la segunda mitad del siglo XIX crece continuamente, en especial la de los Estados Unidos. La contribución del Japón sólo aparece hasta finales del siglo XIX y apenas llega al 1% del total.

Es interesante observar que las naciones que alcanzaron el mayor desarrollo científico son precisamente aquellas que lograron el mayor desarrollo económico y social. El desarrollo científico de Inglaterra y Francia antecede a la Revolución Industrial en un siglo por lo menos. Aun en el caso de los países que se industrializaron tardíamente: Alemania, Rusia y los Estados Unidos, el desarrollo científico se inició antes de la industrialización y alcanzó su plenitud con ella.

Nuevos productores científicos

Para dar una idea de los cambios ocurridos entre 1870 y 1970 en la distribución de la actividad científica por países, preparé la gráfica de la figura 2. Esa gráfica muestra la importancia relativa de los mayores países productores de artículos originales de investigación en química durante ese lapso. En el eje vertical se indica el porcentaje del total de artículos producidos en todo el mundo en cada año, en el eje horizontal se indican los años. Tomé los valores numéricos de un artículo de Narin y Carpenter⁴, quienes a su vez los tomaron de dos artículos de Boig y Howerton⁵ y uno de Baker⁶. La gráfica ilustra las tendencias a largo

FIGURA 2



Distribución, por país de origen, del número de artículos de investigación en química como función del tiempo. En el eje vertical se indica la fracción porcentual del total de cada año. En el eje horizontal se indican los años.

plazo, de 1877 a 1970, en la publicación de artículos originales de investigación en química y por inferencia, de la producción científica en esa especialidad. La gráfica muestra que en 1877 Alemania producía el 65% de todas las publicaciones de química. Muy por abajo de Alemania se encuentran Francia y el Reino Unido con 16% y 9% del total respectivamente; en ese año, los Estados Unidos y la Unión Soviética aparecen como productores marginales. En 1907, más de la mitad de las publicaciones de química eran alemanas. En segundo lugar, en número relativo de artículos publicados, y muy por debajo de Alemania, se encuentran todavía Francia y el Reino Unido. Conforme se avanza en el siglo, las posiciones relativas cambian notablemente. Al final de la Segunda Guerra Mundial se encuentra en primer lugar a los Estados Unidos, con 33% del total de artículos publicados, en tanto que Alemania muestra el efecto devastador de la guerra en su producción científica, al reducirse a un mero 3.6% del total. Los datos para el periodo de 1951 a 1970 muestran el crecimiento continuo en la magnitud relativa del número de publicaciones soviéticas y

una disminución concomitante pero no muy acentuada de la posición relativa de los Estados Unidos. La interpretación de estos últimos datos se debe hacer con cautela, porque al contar todos los resúmenes incluidos en el *Chemical Abstracts* se incluyen muchas áreas limítrofes de la química, como son la biología, la física y las matemáticas. Aun así, la contribución relativa de Alemania al total de publicaciones de química en 1970 es apenas una pálida sombra de lo que había sido ochenta años atrás. La contribución francesa en 1970 es apreciablemente menor a la anterior a la Primera Guerra Mundial.

En esta gráfica, la contribución relativa de México no se ve. Las contribuciones de México, los otros países de América Latina, España y Portugal están agrupadas con las del resto de los países del mundo que no aparecen por nombre en la contribución de los "otros". Ésta ha crecido lentamente y

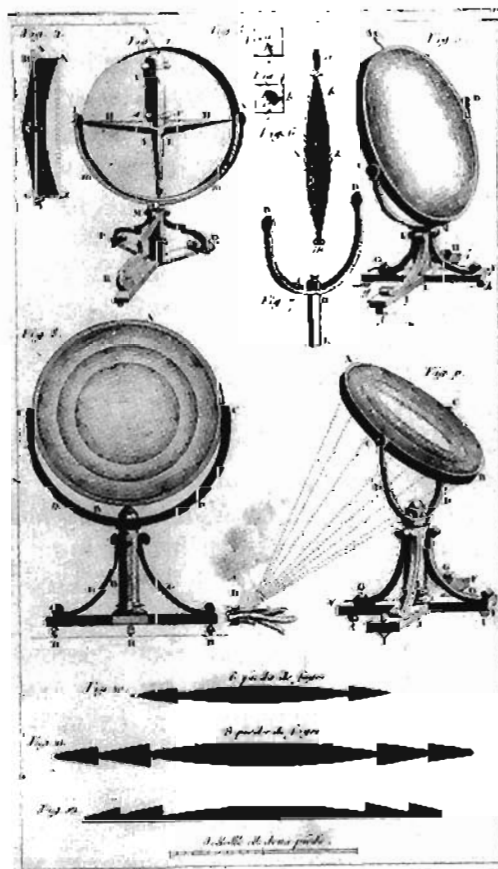
ha pasado del 10% en 1907, a un poco más del 25% en 1970. Más adelante examinaremos con más cuidado la contribución relativa de México y los países de América Latina al total mundial de las publicaciones científicas.

La declinación relativa en las publicaciones alemanas y francesas y la elevación relativa en las publicaciones de los Estados Unidos y de la Unión Soviética se observan también en otras disciplinas como la física, la bioquímica, la ingeniería, la medicina y la psicología. Si se acepta la gráfica de la figura 2 como indicadora de las tendencias generales de 1877 a la fecha, se puede llegar a algunas conclusiones.

El cambio más dramático en la distribución geográfica de la actividad científica durante el siglo XX es la caída de la importancia relativa de la ciencia alemana, que pasó de ser la potencia absolutamente dominante en la producción científica a fines del siglo XIX, a la posición de productor científico de segunda categoría en el último tercio del siglo XX. Otra tendencia a largo plazo, que se advierte fácilmente, es la lenta disminución de la importancia relativa de la ciencia francesa. La posición del Reino Unido aparece notablemente estable a lo largo del siglo, en aproximadamente el 10% del total de la literatura científica, y es sólo a partir de 1960 que su producción relativa ha bajado. Casi toda la declinación relativa de la ciencia alemana y francesa se ve compensada por la elevación espectacular de las posiciones de los Estados Unidos y la Unión Soviética, que pasan de ser productores marginales a ser potencias dominantes en la producción científica, especialmente los Estados Unidos.

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN AMÉRICA LATINA

Después de habernos convencido de



Los espejos de Arquímedes.

TABLA 1

Región Geográfica	%	Impacto
Estados Unidos	44	5.70
Europa Occidental	17	4.50
Gran Bretaña	9	5.20
Unión Soviética	6	1.50
Japón	5	4.00
Canadá	4	4.90
Tercer Mundo	4	1.70
Europa Oriental	3	2.30
Escandinavia	3	6.40
Australia	2	4.40
América Latina	1	2.90
Todos los demás	2	4.00

Distribución geográfica de la producción científica mundial.

que hay múltiples ejemplos de países que salieron del atraso científico para convertirse en productores de ciencia y tecnología: las naciones de Europa Occidental en los siglos XIII a XV, Rusia, los Estados Unidos y Japón en los siglos XIX y XX, podemos dirigir la atención a la segunda pregunta: ¿cómo se compara nuestro país, por su producción científica, con otras naciones? Para encontrar una respuesta que tenga sentido en el contexto cultural y geográfico de México, examinaré primero la producción científica de América Latina y después la de México en relación con estos países.

La literatura científica como indicador

Para hacer la comparación, se usará la literatura científica como indicador de la actividad científica. Los datos numéricos y las tablas provienen de un estudio de E. Garfield sobre la ciencia en América Latina⁷. En ese trabajo, Garfield examinó el total de artículos científicos publicados en 1978, provenientes de todo el mundo y registrados

en el *Science Citation Index*.

La "nacionalidad" de un artículo está definida por la dirección postal del primer autor. Este método no es perfecto pues aunque el número de artículos que resultan de la colaboración de autores europeos o estadounidenses con latinoamericanos sea una fracción muy pequeña de la producción de los Estados Unidos o de Europa, este mismo número puede ser una fracción importante de la producción latinoamericana debido a que, como se verá más adelante, ésta es muchísimo menor que la de los Estados Unidos o Europa.

La producción científica de un país se estimará a partir del número de artículos científicos producidos en 1978. Una medida del interés que suscita un artículo científico y posiblemente una indicación no muy precisa de su importancia se obtiene al dividir el número de veces que ese trabajo es citado en un lapso de varios años entre ese número de años. El número que resulta se llama el "impacto" del trabajo. En el caso que nos ocupa se contaron las citas entre 1978 y 1984 de los artículos científicos publicados en 1978 y la suma se dividió entre cinco.

Producción científica de América Latina

El número total de los artículos científicos publicados en 1978 e incluidos en *Science Citation Index* es mayor de quinientos mil, y



fueron publicados en dos mil seiscientas revistas. Después de eliminar los editoriales, obituarios, correcciones y escritos anónimos, quedaron asentados más de trescientos ochenta y ocho mil artículos. Cerca de tres mil cien de éstos tienen como primer autor a un latinoamericano. En la Tabla 1 se muestra la distribución geográfica y el impacto de todos los artículos científicos publicados en 1978 y anotados en *Science Citation Index*.

De acuerdo con *Science Citation Index*, la producción científica de América Latina es 0.8% del total mundial. De acuerdo con R. Sharpe, sólo 1% del archivo de 1982 de *Chemical Abstracts* proviene de América Latina. Se ve que distintos índices dan la

misma pauta: la producción científica de América Latina es del orden de 1% del total de la producción científica mundial. Esta proporción no cambió entre 1978 y 1984. En la última década, la contribución latinoamericana al total de la producción científica mundial ha disminuido ligeramente.

Impacto

Los trescientos ochenta y ocho mil artículos de 1978 en *Science Citation Index* recibieron unos dos millones de citas en los cinco años que van de 1978 a 1982. Por consiguiente, el valor promedio del número de citas por artículo en cinco años es igual a 4.8. Es decir que el "artículo medio" de 1978 asentado en *Science Citation Index* recibió una cita por año.

Los tres mil cien artículos latinoamericanos recibieron nueve mil citas de 1978 a 1982, lo que da un impacto de 2.9. Esto es, el "artículo medio latinoamericano" de 1978 recibió 0.58 de cita por año. Así pues, el valor medio del impacto de los artículos científicos latinoamericanos es menor que el valor medio del impacto mundial.

Producción científica en América Latina

En la Tabla 2 se muestra la producción de artículos científicos de América Latina en 1978. De inmediato se aprecia que cinco países producen el 92% del total de trabajos que se originan en esta región. Estos países son: Argentina, Brasil, Chile, México y Venezuela. El rango de estos países de acuerdo con su producción científica ha cambiado con el tiempo. Argentina dejó el primer lugar en 1973 para descender al segundo, en donde permaneció en 1978 y 1982, cediendo el paso a Brasil que ocupó el primer lugar. México subió del quinto lugar en 1973 al tercero en 1978, pero bajó al cuarto lugar en 1982. Éstos, y los otros cambios que se ven

TABLA 2

País	Artículos en 1978	%	Impacto
Brasil	1060	34.00	2.60
Argentina	643	20.00	3.10
México	611	19.00	3.10
Chile	312	10.00	3.30
Venezuela	261	8.00	3.00
Colombia	64	2.10	2.50
Perú	35	1.10	1.50
Costa Rica	35	1.10	2.80
Uruguay	25	0.80	2.40
Guatemala	23	0.70	3.30
Cuba	22	0.70	2.40
Ecuador	13	0.40	0.80
Panamá	7	0.20	4.00
Honduras	5	0.17	0.80
Bolivia	4	0.13	1.00
El Salvador	4	0.13	1.30
Haití	1	0.03	0.00
Rep. Dominicana	1	0.03	7.00
TOTAL	3126	100.00	2.90

Distribución geográfica de la producción científica en América Latina.

en la Tabla 3, reflejan en parte los trastornos políticos ocurridos en algunos países de la región y los problemas económicos de otros. En especial, en México, el aumento de la deuda externa dio como resultado presupuestos austeros que redujeron el gasto en ciencia. Esto, sin duda alguna, se vio reflejado en la productividad científica del país.⁸

La producción científica de México creció 37% en once años, de 1973 a 1984, a una tasa algo menor del 4% anual.

Impacto relativo de la producción científica de América Latina

Los mayores productores de ciencia en América Latina son también los países que producen los artículos de mayor impacto, a excepción del Brasil, que produce muchos artículos de bajo impacto.

La relación anterior es probablemente el reflejo de una correlación entre el número de investigadores consolidados y la calidad de su producción. Un país con uno o varios grupos científicos relativamente grandes, mayores que cierta "masa crítica", puede producir artículos científicos de mejor calidad.

El impacto de un artículo científico depende no sólo de la calidad del propio artículo, sino también del prestigio y circulación de la revista en que se publica. Debido a esta circunstancia, para obtener una indicación clara acerca de la calidad relativa de los artículos latinoamericanos, la comparación de éstos con los del resto del mundo debe hacerse entre artículos publicados en la misma revista. Se compararon los artículos latinoamericanos publicados en 1978 en revistas que hubieran publicado un mínimo de diez artículos latinoamericanos ese año, con el resto de los artículos de física del mismo año publicados en la misma revista. Los resultados se muestran en la

TABLA 3

País	1973	%	1978	%	1982	%
Argentina	1526	38.00	643	22.00	1217	26.00
Brasil	812	20.00	1060	37.00	1531	33.00
Venezuela	589	15.00	261	9.00	318	7.00
Chile	565	14.00	312	11.00	822	18.00
México	535	13.00	611	21.00	735	16.00

Las cinco naciones más productivas de artículos científicos.

Tabla 4. Se encontró que en todas las especialidades, salvo en Física General, el impacto de los artículos latinoamericanos es menor que el valor promedio del impacto del resto de los artículos. En algunos casos como Materia Condensada, Partículas y Campos, y Física del Estado Sólido, el impacto de los artículos latinoamericanos es mucho menor que el promedio. Este resultado parece ser una indicación de que, en términos generales, la calidad de los artículos científicos latinoamericanos es menor que la calidad media general.

Composición de la producción científica mexicana

Se ha examinado la producción científica de los países de América Latina sin distinguir las ramas o disciplinas de la ciencia que se cultivan en estos países. La distinción es interesante pues da una idea de la clase de problemas que preocupan tanto a los científicos como a los gobiernos que pagan la investigación. Hay varios estudios dedicados al examen de la distribución de la producción de artículos científicos por disciplina o rama de la ciencia. En el caso particular de América Latina, J. D. Frame⁹ hizo un estudio comparativo. Encontró que el 73% de los artículos científicos de América Latina está en el campo de las ciencias de la vida comparado con un 60% de la literatura mundial. El 19% de la literatura mundial se ocupa de química, pero en América Latina la proporción corres-

TABLA 4

Revista	A	B	C	D	D
Journal Chemical Physics	25	1.50	7.80	11.50	68.00
Physical Reviews B Condensed Matter	20	2.10	3.80	11.60	33.00
Physical Reviews D Particles and Fields	17	2.20	4.10	10.20	40.00
Lettere al Nuovo Cimento	14	3.30	1.90	2.50	76.00
Journal of Physics C Solid State Physics	13	2.30	2.10	5.90	35.00
Physical Reviews A General Physics	13	1.50	8.30	6.60	126.0
Physica Status Solidii B	12	1.70	2.00	3.40	59.00
Journal of Mathematical Physics (New York)	11	2.70	2.60	3.90	67.00
Physics Letters A	11	1.40	3.10	4.40	70.00

Revistas que publicaron, al menos, diez artículos latinoamericanos en física durante 1978. A: artículos latinoamericanos; B: porcentaje del total; C: impacto de los artículos latinoamericanos; D: impacto total; E: impacto de los artículos latinoamericanos como porcentaje del total.

pondiente es del 11%. La física, incluyendo la geofísica y la astrofísica, da cuenta de un 21% de la literatura científica mundial, pero sólo es un 16% de los artículos científicos latinoamericanos. Estas cifras reflejan un menor interés de los latinoamericanos en las ciencias asociadas al desarrollo industrial avanzado y a la alta tecnología y un mayor interés en las disciplinas de más tradición en la región: medicina, botánica y zoología, y probablemente una mayor preocupación por los problemas de salud pública que por aquellos del desarrollo industrial. Frame llega a la conclusión de que la investigación científica de América Latina es periférica respecto de la corriente principal de la producción científica mundial.

E. Garfield⁶ ha comparado la distribución de la producción científica latinoamericana por ramas de la ciencia, y ha encontrado que las conclusiones de Frame son correctas en el caso de

cuatro de los grandes productores latinoamericanos: Argentina, Chile, México y Venezuela, pero no lo son en el caso de Brasil, cuya producción científica está distribuida por disciplinas de una manera semejante a la de Estados Unidos y los países de Europa Occidental.

La producción de México en las ramas de física y matemáticas es del 11% y del 1% respectivamente, en tanto que en la producción mundial estas proporciones son del 18% y del 3%. La fracción porcentual del total de la producción científica de Brasil en el área de física es también del 18% y en matemáticas es del 4%. La proporción menor de física y matemáticas en la ciencia de nuestro país, comparada con la de Brasil, es probablemente el reflejo de una menor preocupación de nuestros gobiernos por la formación de cuadros científicos previamente al logro de una industrialización moderna y avanzada. En las áreas de química e ingeniería, directamente relacionadas con la producción de tecnología, tanto México como Brasil produjeron proporciones menores de artículos que las naciones avanzadas. Esto, sin duda, refleja el hecho de que ninguna de estas dos naciones ha realizado todavía el esfuerzo de producir su propia tecnología. La proporción de la literatura mundial en química fue del 17% y en ingeniería del 11%.

La Tabla 5 muestra la distribución por disciplina científica de Brasil y México publicados en 1978 y asentados en *Science Citation Index*. El predominio de las ciencias de la vida en la producción científica de México es aún notable en 1978 con un 67% del total que, sin embargo, es menor que el 73% de 1973. El impacto de las publicaciones mexicanas en esta área creció de 2.6 en 1973 a 3.1 en 1978. La producción mexicana de Física creció de un 11 % en 1973 a un 14% en 1978, más cercana a la proporción mundial del 17 %. Muy notable es el hecho de

que el impacto de los artículos de física mexicanos haya crecido a más del doble; pasó de 2.1 en 1973 a 4.8 en 1978, muy cercano al valor promedio de la producción mundial.

La producción en química cayó en 1978 a sólo el 5% del total, menor aún que el 8% de 1973 y que el promedio mundial de 16%. El impacto de los artículos de química mexicanos declinó de 2.1 en 1973 a 1.3 en 1978.

La proporción de trabajos científicos brasileños en el área de las ciencias de la vida disminuyó a 46% en 1978, que es menor al valor promedio mundial de 55% en ese año. Pero su impacto creció de 2.5 en 1973 a 2.9 en 1978.

La producción brasileña en física creció del 17% en 1973 al 22% en 1978, que es mayor que el promedio mundial de 17%. Su impacto casi no varió, y entre 1973 y 1978 disminuyó dos décimas. En química también creció la productividad del Brasil, del 7% en 1973 al 9% en 1978, más bajo que el valor promedio mundial de 16% en 1978. Sin embargo, su impacto bajó de 4.4 en 1973 a 3.6 en 1978.

En resumen, el examen de las Tablas 5 y 6 nos permite decir que la producción científica mexicana es no sólo escasa, del orden de 0.002% del total mundial, sino que además tiene un perfil anticuado. Al compararla con la literatura científica mundial, se ve que la proporción de física y matemáticas en las publicaciones mexicanas es baja. En compensación, se puede decir que el impacto de las publicaciones mexicanas de física es alto, comparable al de las publicaciones de física de los países avanzados.

CONCLUSIONES

El desarrollo cultural de la sociedad está íntimamente asociado a la capacidad de producir conocimiento, organizarlo, conservarlo, acumularlo y transmitirlo eficientemente de una ge-

neración a otra. Uno de los medios más eficientes de adquirir conocimientos y transmitirlos es la investigación científica asociada a la enseñanza superior. Por eso no es sorprendente verificar que, desde el siglo XIV en Europa y desde el siglo XIX en América y en Asia, aquellos países que han sabido desarrollar un sistema de enseñanza superior bien dotado para la generación de conocimiento sean no solamente las vanguardias culturales de su tiempo, sino los poseedores de la ciencia y los dueños de la tecnología más avanzada. En las sociedades contemporáneas, la capacidad de generar conocimientos mediante la investigación científica es un ingrediente esencial del desarrollo social. No es el único, pero la Historia nos enseña que sin esa capacidad no hay desarrollo posible.

Al comparar nuestro país con los Estados Unidos y los países industrializados de Europa encontramos que la disparidad en la producción científica es aún mayor que la diferencia en el producto interno bruto *per capita* o en la capacidad de producción industrial. Esto explica, al menos en parte, por qué nuestro país no ha salido del subdesarrollo. Sin embargo, en México, después de casi un siglo y medio de interrupciones y estancamiento, la investigación científica y la ciencia en gene-

TABLA 5

Campo	A	B	C	D	E	F
Ciencias de la vida	449	55	2.50	39	73	2.60
Física	187	17	3.20	58	11	2.10
Química	58	7	4.40	41	8	2.10
Ingeniería y Tecnología	55	7	0.90	12	2	1.50
Matemáticas	31	4	0.90	8	1	4.10
Todos los demás	82	10	0.80	26	5	4.20

Distribución, por campo, de los artículos científicos de Brasil y México (1973). A: artículos brasileños; B: porcentaje de todos los artículos brasileños; C: impacto de los artículos brasileños; D: artículos mexicanos; E: porcentaje de todos los artículos mexicanos; F: impacto de los artículos mexicanos.

TABLA 5

Campo	A	B	C	D	E	F
Ciencias de la vida	483	46	2.90	410	67	3.10
Física	228	22	3.00	87	14	4.80
Química	96	9	3.60	30	5	4.30
Ingeniería y Tecnología	76	7	1.30	51	8	0.70
Matemáticas	38	4	1.40	9	1	2.90
Todos los demás	138	13	0.90	24	4	3.60

Distribución, por campo, de los artículos científicos de Brasil y México (1978). A: artículos brasileños; B: porcentaje de todos los artículos brasileños; C: impacto de los artículos brasileños; D: artículos mexicanos; E: porcentaje de todos los artículos mexicanos; F: impacto de los artículos mexicanos.

ral han entrado en un periodo de crecimiento acelerado. La producción científica mexicana, si bien todavía escasa, es, en general, de buena calidad, y ha recibido el reconocimiento internacional en la forma de numerosas citas a los trabajos de los científicos mexicanos, así como de premios y distinciones internacionales otorgados a algunos de ellos. Aún ahora, en 1992, el 98% del total de la investigación científica de México se hace en las universidades públicas y en instituciones que dependen del Estado. La iniciativa privada prácticamente no participa en esta importante tarea. El 57% del total de los trabajos mexicanos de investigación científica original, publicados en revistas de circulación internacional, fueron hechos en una sola institución: la Universidad Nacional Autónoma de México. Sin embargo, en los últimos veinte años se ha notado un cambio en la actitud de la sociedad y del Gobierno de la República hacia la ciencia mexicana. Prueba de este cambio es el apoyo, escaso pero real, que se ha dado a instituciones dedicadas al fomento de la ciencia como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y el Sistema Nacional de Investigadores. Varias universidades públicas de provincia han iniciado y desarrollan con éxito programas de investigación científica. En el discurso oficial y en numerosos

escritos y ensayos en libros y periódicos, se asocia la capacidad de hacer investigación científica con el desarrollo económico y cultural de México, y, por primera vez en muchos años, se nota una preocupación pública por la calidad de la enseñanza universitaria superior y la investigación científica. Esto, y el ejemplo de los países que accedieron tardíamente al desarrollo científico, como los Estados Unidos, la Unión Soviética y el Japón, nos permite ser optimistas y tener la esperanza de que si México persiste en su esfuerzo de desarrollo científico, logrará también un gran florecimiento cultural, económico y social.

Referencias

1. Nehru, J., *Proceedings of the National Institute of India*, Vol. 27A, 1962, p. 564.
2. Sarton, G., *Introduction to the History of Science*, Vol. 5, Cambridge University Press, Cambridge, 1947.
3. Asimov, I. A., *Biographical Encyclopedia of Science and Technology*, Doubleday and Co. Inc. Garden Cit, New York, 1972.
4. Narin, F. y Carpenter, M.P., "National publication and citation comparisons", *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 26, 1975, pp. 80-93.
5. Boig, F. S. y Howarton, P. W., "History and Development of Chemical Periodicals in the Field of Organic Chemistry", *Science*, Vol. 115, 1952, pp. 25-31, "History and Development of Chemical Periodicals in the Field of Organic Chemistry", *Science*, 115, 1952, pp. 555-560.
6. Baker, D. B., "World's Chemical Literature Continues to Expand", *Chemical and Engineering News*, Vol. 49, 1971, pp. 37-40.
7. Garfield, E., "Latin American Research I. Where It is published and How Often it is Cited", *Current Contents*, 19, 1984, pp. 3-8. "Latin American Research II. Most Cited Articles, Discipline Orientation and Research Front Concentration", *Current Contents*, Vol. 20, 1984, pp. 3-10.
8. Powledge, T., "Mexican Science in Money Trouble", *Nature*, Vol. 299, 1982, pp. 99-100.
9. Frame, J.D., "Mainstream research in Latin America and the Caribbean", *Interciencia*, Vol. 2, 1977, pp. 143-148.