



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ANALISIS Y PERTINENCIA DE LA DIVULGACION DE LA CIENCIA ESCRITA EN MEXICO. EL CASO DE LA FISICA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
FISICO

PRESENTA:
JUAN ANTONIO TONDA MAZON



DIRECTORA DE TESIS:
M. EN C. JULIETA FIERRO GOSSMAN



2004 FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: JUAN ANTONIO
TONDA MAZÓN

FECHA: 3-III-04

FIRMA:

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
"Análisis y pertinencia de la divulgación de la ciencia escrita en México.
El caso de la física"

realizado por Tonda Mazón Juan Antonio con número de cuenta 07386618-3

quién cubrió los créditos de la carrera de Física

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

M. en C. Julieta Norma Fierro Gossman

Propietario

Dr. José de Jesús Franco López

Propietario

M. en C. Roberto Sayavedra Soto

Suplente

Dra. Julia Tagüña Parga

Suplente

M. en H. Gloria Valek Valdés

Consejo Departamental de Física

DRA. PATRICIA GOLDSTEIN HENACHE
Coordinadora de Licenciatura

Dedicatoria

A Marta Volnié Revilla, Martita, mi mujer, con un cariño infinito.

A Pablo y Adriana, mis hijos, a quienes, a pesar de todo, quiero mucho.

A Juan y María, mis padres, por su cariño, apoyo y ejemplo.

A Josana, Diego, Concha y la Mari, mis hermanos, así como mis cuñados, Julián, Ana, David y mis sobrinos, Alex, Marco, Pavel y Santiago.

A mis cuñados políticos Víctor, Andrés, Aurora, Rosa Elena y mis sobrinos, Vanessa, Stephanie, Michelle, Andrés y Ana.

A las familias Tonda y Mazón, así como a mis primos Giral.

A Julieta Fierro, mi agradecimiento especial, por impulsarme a hacer la tesis y dirigirla, así como por su amistad y cariño desde hace muchos años.

A Miguel Ángel Herrera, en su memoria.

A Julia Tagüeña, por su apoyo y cariño.

A mis amigos y compañeros: Francisco Noreña, José de la Herrán, Horacio García, Minerva Lazos, Jorge Brash, Claudia Gidi, Victoria Schussheim, Gustavo Leal, Marta Singer, Adrián Bodek, Juan Manuel Valero, Elsa Arce, Víctor Soler, José Luis Perujo, Gloria Valek, Felipe López, José Franco, Luis Fracchia, Rosana Durán, Ernesto Márquez, Luis Hernández, Guillermo Bermúdez, Edgar Gómez, Norma Castillo, Hilario Martínez, Miriam Núñez, Marta Luisa de Mateo, Peter e Ingrid Fodor, Susana Hopensted, Carla Damy, Paulina Hawking, Gilda María Bracamontes, Patricia Aridjis, Norma Herrera, Federico Sevilla, Antonio Ortiz, José Antonio Chamizo, Elisa Bonilla, Teresa Rojano, Armando Sánchez, Gema Jara, Mario Bravo, Teresa González Kuri, Carlos Gayou, Luis Estrada, Benito Estrada, Agustín Estrada, Roberto Sayavedra, Salvador Jara, Lourdes Arenas, Estrella Burgos, Marisol Fernández, Rosanela Álvarez, Kenia Salgado, Nemesio Chávez, Ana María Sánchez, Adriana Bravo, Martín Bonfil, Pilar Contreras, Alejandra Alvarado, Luci Cruz, Alicia García, Concha Ruiz, Consuelo Dódoli, Martha Duhne, Carlos Chimal, Carlos López Beltrán, Javier Cruz, Carmen Sánchez, Elaine Reynoso, Sergio de Régules, Rolando Ísita, Ramón Cervantes, Leticia Monroy, Athenays Castro, Salvador Gutiérrez, Marco Polo Pérez Gasca, Sofía Argüelles, Mario Delgado, Eduardo Lazo, Itziar Islas, Arturo Orta, José Luis Vázquez, Solange Rosales, Héctor Domínguez, Mónica Genis, Ana Malo, Ricardo López, Roberto Trápaga, María Emilia Beyer, Juan José Rivaud, María del Carmen Álvarez, Sada de la Rosa, María Trigueros, Carlos Serrano, Adriana Canales, Patricia Magaña, Humberto Arce, Mónica Benítez, Rosa María Catalá, Agustín López-Munguía, Andoni Garritz, Enrique Galindo, Plinio Sosa y Guadalupe Zamarrón.

A todos mis amigos y colegas divulgadores de la DGDC y SOMEDICYT.

Al equipo EFFT y los colaboradores de ADN Editores.

A todos los que no mencioné pero que también quiero y estimo.

Agradecimientos

En primer lugar agradezco a Julieta Fierro Gossman su paciencia, apoyo y cariño para poder realizar este trabajo. Me ha demostrado con hechos que es posible avanzar. Sin su apoyo no habría realizado este trabajo.

En segundo lugar, y aunque ya no esté con nosotros, Miguel Ángel Herrera, también desempeñó un papel importante para emprender esta tarea.

En tercer lugar, Julia Tagüeña, ha demostrado su apoyo incondicional y cariño desde hace muchos años.

En cuarto lugar, quiero agradecer a José de la Herrán, Horacio García, Luis Estrada y Guadalupe Zamarrón, su ejemplo en la divulgación de la ciencia, del cual he aprendido mucho y espero aprender más.

Para la realización de las encuestas, no puedo dejar de mencionar el apoyo que recibí de Carmen Sánchez, Adriana Bravo, Ana Leticia Ortiz Chavolla, José Ángel Retana y Laura de la Luz Armendáriz, del Departamento de Investigación y Apoyo Educativo de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, así como Andrés Porta y María de Lourdes Esteva Peralta, por permitir aplicar las encuestas en la Facultad de Ciencias; a todos ellos mi agradecimiento. A todos los estudiantes, maestros e investigadores que las respondieron mi reconocimiento. También deseo expresar mi gratitud a Josefina Pérez de Celis por su ayuda. Igualmente, agradezco a Javier Cruz su revisión de la parte periodística.

También agradezco la revisión meticulosa y con lápiz afilado que realizaron José de la Herrán y Ana María Sánchez, destacados divulgadores y amigos, quienes hicieron observaciones pertinentes y muy valiosas a este trabajo.

Asimismo deseo agradecer a José Franco, Roberto Sayavedra, Julia Tagüeña y Gloria Valek, mis sinodales, su apoyo y paciencia para leer este trabajo.

Finalmente, no puedo dejar de reconocer la paciencia, cariño y respeto de mi mujer, Marta Volnié Revilla, quien desde el principio estuvo conmigo en las buenas y en las malas, para concluir este trabajo, a pesar de todas las horas que le quité.

También deseo expresar mi agradecimiento a todos los colegas y amigos de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM y la SOMEDICYT, por su ayuda para hacer este trabajo que espero que les sea útil.

Índice

Introducción	5
1. La divulgación de la ciencia	7
1.1 ¿Qué es la divulgación de la ciencia?	7
1.2 Principales características de la divulgación de la ciencia	13
1.2.1 Interdisciplina	14
1.2.2 Multidisciplina	14
1.2.3 Hacia la universalización del conocimiento	15
1.2.4 La motivación	17
1.2.5 La labor educativa	19
1.2.6 La creatividad	21
1.3 ¿Quiénes hacen divulgación de la ciencia?	23
1.4 Otros términos para la divulgación de la ciencia	24
2. Panorama general de la divulgación en los medios escritos en México	26
2.1 Antecedentes sobre ciencia	26
2.2 La divulgación de la ciencia en los medios escritos	34
3. La divulgación escrita en física en la época reciente	41
3.1 Las revistas de divulgación de la ciencia	41
3.2 Libros de divulgación	64
3.3 La divulgación de la ciencia en los periódicos	76
4. Análisis de algunos artículos y libros de divulgación	83
4.1 Introducción	83
4.2 Características fundamentales para realizar un trabajo de divulgación escrita	85
4.2.1 Estudiar y conocer el tema	86
4.2.2 Emplear un lenguaje claro y sencillo	86
4.2.3 Ponerse en el lugar de los lectores	87
4.2.4 Contenido científico	88
4.2.5 Proporcionar una estructura del texto	89
4.2.6 Motivar a los lectores	89
4.2.7 Conocer el medio	91
4.3 Análisis de algunos artículos y libros de física de divulgación	92
5. Encuesta para estudiantes, maestros e investigadores sobre el papel que desempeña la divulgación para dedicarse a la física	124
5.1 Introducción	124
5.2 Encuestas para estudiantes	124
5.3 Encuestas para maestros e investigadores	126
6. Resultados y análisis de las encuestas	130
6.1 Resultados y análisis de la encuesta para estudiantes	130
6.2 Resultados y análisis de la encuesta para maestros e investigadores	136

6.3 Comparación entre la encuesta para estudiantes y la de maestros e investigadores	141
7. La divulgación de la ciencia como una forma de educación complementaria	145
8. Conclusiones	151
Apéndices	156
Apéndice 1. Resultados gráficos de la encuesta para estudiantes	156
Apéndice 2. Resultados gráficos de la encuesta para maestros e investigadores	157
Bibliografía y referencias generales	158

Introducción

A modo de resumen, el presente trabajo pretende proporcionar un panorama general de la evolución de la divulgación de la ciencia en México en los últimos años, y en particular de la física, poniendo especial atención en los medios escritos y el papel que han desempeñado los físicos en el desarrollo de dicha actividad; en la época reciente desde la publicación de la revista *Física* hasta las revistas y colecciones de libros de divulgación actuales.

Por otro lado, se hace un análisis de algunos artículos y libros de divulgación de temas de física, para tratar de proporcionar ciertas pautas generales sobre la calidad en la divulgación de la física escrita. Se incluyen algunos ejemplos de artículos y extractos de libros y se analiza la pertinencia y calidad de los mismos.

Además, se hace un análisis del papel que desempeña la divulgación de la ciencia en el ingreso a la carrera de física (lo cual se puede extrapolar a otras disciplinas científicas). Para ello, se hace una encuesta con estudiantes, maestros e investigadores de física, con una muestra representativa, en la que se analiza el papel que ocupa la divulgación, en relación con la enseñanza y la investigación, para adentrarse en el estudio de la física. Se parte de la hipótesis de que la divulgación de la ciencia contribuye como una forma de educación complementaria para aumentar la cultura científica de la población y de ahí la importancia de apoyar su desarrollo dentro del ámbito educativo nacional.

- En el primer capítulo (*La divulgación de la ciencia*) se dan algunas definiciones sobre qué es la divulgación de la ciencia; se discute el contexto en que se entiende la palabra ciencia; se proporcionan algunas razones (educativas, sociales y de comunicación) por las que disciplinas como la física, las matemáticas, la biología y otras afines han permanecido alejadas de la sociedad; se señalan algunas de las principales características que debe poseer la divulgación de la ciencia; quiénes hacen divulgación de la ciencia, y otros términos que se emplean para referirse a la divulgación de la ciencia.

- En segundo capítulo (*Panorama general de los medios escritos en México*) se proporciona un boceto histórico de los diferentes medios de comunicación escrita en México, partiendo del desarrollo de la ciencia mexicana de la época prehispánica y las publicaciones del México colonial e independiente.

- En el tercer capítulo (*La divulgación escrita en física en la época reciente*) se proporciona un panorama general de las publicaciones de divulgación directa o indirectamente relacionadas con la física, partiendo de la revista *Física* y sus antecedentes, que abarca revistas, libros y periódicos, así como el papel que han desempeñado los físicos y otros profesionales para llevarla adelante.

- En el cuarto capítulo (*Análisis de algunos artículos y libros de divulgación*) se proporcionan ejemplos de artículos y libros de divulgación de física y se analizan a partir de algunas características generales que se cree debe poseer un buen artículo o libro de divulgación. En otras palabras, se dan algunos ejemplos de una divulgación en física adecuada y de calidad.

- En el quinto y sexto capítulos (*Encuesta sobre el papel que desempeña la divulgación para dedicarse a la física y Resultados y análisis de la encuesta*) se analiza, a partir de una investigación realizada con estudiantes, maestros e investigadores de física, de la Facultad de Ciencias y algunos institutos de investigación de la UNAM y el IMP, el papel que ha desempeñado y desempeña la divulgación en física para dedicarse a esta disciplina, así como para mantenerse actualizado.

- El séptimo capítulo (*La divulgación de la ciencia como una forma de educación complementaria*) propone la hipótesis de emplear la divulgación de la ciencia, en general, y la física, en particular, como una forma de educación complementaria para la población.

- El octavo y último capítulo (*Conclusiones*) proporciona algunas conclusiones generales sobre la divulgación de la ciencia, y de la física en los medios escritos, así como los resultados generales sobre la encuesta realizada a estudiantes, maestros e investigadores de física.

1. La divulgación de la ciencia

1.1 ¿Qué es la divulgación de la ciencia?

Antes de hablar sobre la divulgación de la ciencia, y de la física, en particular, es necesario definir de manera muy general qué entendemos por dicha actividad. Al igual que definir la ciencia o la física, reducir a unas cuantas frases el vasto campo de la divulgación resulta una tarea compleja; todo lo anterior, sin considerar que ambas disciplinas están en constante cambio.

Basta recordar la definición de física que proporciona Don Juan de Oyarzábal en un soneto¹:

¿Qué es la física?

*¿Qué es la física? –pregúntame indiscreto
un joven, cuyo espíritu barrunta
qué podré contestar a esa pregunta
en los catorce versos de un soneto*

*¿En los catorce versos? Por San Cleto
¿Cómo encerrar allí la marabunta
de los temas que el físico arrejunta
si no caben en grueso mamotreto?*

*¿En los catorce versos? ¿Quién se atreve,
si el soneto, en verdad, es cosa breve
y la física es todo el Universo?*

*¿En catorce versos? ¿ni de chiste!
¡La física no muere, siempre existe,
y el soneto murió con este verso!*

Juan de Oyarzábal

(Cabe hacer notar que los sonetos están compuestos de dos cuartetos y dos tercetos, originalmente endecasílabos).

¹ De Oyarzábal, Juan, *Apuntes de mecánica*, Facultad de Ciencias, UNAM, 1978.

Si se tratara de un diccionario la definición de divulgación de la ciencia diría: actividad profesional para llevar el conocimiento científico especializado a un público no especializado, que abarca desde los niños hasta los adultos, pasando por los diferentes niveles de preparación, desde no poseer educación formal hasta el posgrado.

Dicha labor es en la mayoría de los casos multidisciplinaria. Pretende que la ciencia, en general, y la física, en particular, formen parte de la cultura de la población. En ella, participan sobre todo los investigadores, los maestros de todos los niveles, los periodistas, los comunicadores, los escritores y, recientemente, los divulgadores de la ciencia.

Ana María Sánchez² la define así: “La divulgación de la ciencia es una tarea multidisciplinaria cuyo objetivo es *comunicar*, utilizando una diversidad de *medios*, el conocimiento *científico* a distintos grupos *voluntarios*, *recreando* ese conocimiento con *fidelidad*, contextualizándolo para hacerlo accesible.”

Para ampliar un poco más esta definición habría que considerar que la divulgación de la ciencia la realiza generalmente un equipo de personas de diferentes disciplinas, a diferencia de la investigación y la enseñanza formal, cuyo trabajo generalmente recae en una persona o una cuantas personas. Uno de los objetivos de la divulgación es comunicar, pero aquí habría que precisar que se trata de comunicar la ciencia o la física a un público no especializado, a diferencia de la comunicación para un grupo especializado, labor a la que Luis Estrada³ ha llamado difusión de la ciencia para diferenciarla de divulgación de la ciencia. Así debe quedar claro que la divulgación es para un público no especializado. Por esta razón, en ocasiones se emplea como sinónimo de divulgación el término comunicación pública de la ciencia, comunicación social de la ciencia o popularización de la ciencia. El llevar el conocimiento a distintos grupos voluntarios, supone entender que la divulgación de la ciencia, en general, no posee un público cautivo o lectores cautivos (en el caso de la divulgación escrita). Por ello, en divulgación se habla en este sentido de que se trata desde una tarea artística o lúdica y placentera hasta una forma de educación complementaria que, en la mayoría de los casos, no es obligatoria (la excepción son las actividades o tareas que

² Sánchez Mora, A. M., “El Bestiario de los divulgadores”, en *Antología de la divulgación de la Ciencia en México*, Tonda, J, Sánchez M., A. M. y Chávez, N. (coordinadores), Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 2002, p. 302.

³ Estrada, Luis. “La divulgación de la ciencia”, en *Antología de la divulgación de la Ciencia en México*, Tonda, J, Sánchez M., A. M. y Chávez, N. (coordinadores), Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 2002,

nos encargan los profesores o familiares). Lo que resulta relevante es que quien asiste a un museo de ciencia, lee un libro o revista de divulgación, asiste a una conferencia, escucha un programa de radio o ve un programa de televisión de divulgación de la ciencia lo hace por interés propio, al igual que quien lee el periódico en las mañanas o ve las noticias en televisión. En este sentido la divulgación tiene en común con la literatura el que no existe un público o lector cautivo. En la definición también se subraya que lo que se pretende comunicar es el conocimiento científico con fidelidad, lo cual conlleva una responsabilidad de los divulgadores de la ciencia para no deformar el contenido científico esencial de lo que se pretende divulgar, así como no decir o afirmar cosas que no son ciertas. Aquí vale la pena señalar que la divulgación de la ciencia tiene una incertidumbre que es proporcional a la edad y la preparación de quien recibe el mensaje, es decir, que la generalización será mayor conforme el público o lector que reciba el mensaje tenga menos conocimientos de ciencia o tenga una edad menor. A un niño o un albañil no le podemos decir que el trabajo es $Fd \cos \theta$. Aquí el lenguaje desempeña un papel fundamental a la hora de divulgar la ciencia. Y referirse a contextualizar los contenidos científicos supone ponerse en el lugar del público o lector que recibe el mensaje, lo cual quiere decir conocer su preparación y su edad, así como emplear ejemplos o analogías que le permitan entender lo que se desea divulgar. Para ello, emplear un lenguaje sencillo y claro, así como definir los términos técnicos que resulten complejos es una tarea fundamental. Esta característica de la divulgación es totalmente opuesta al lenguaje de comunicación que emplean los investigadores o algunos maestros universitarios, en el cual se da por supuesto que quienes deseen entender algún contenido científico deben conocer el lenguaje de los especialistas (cosa que frecuentemente no sucede). En la divulgación de la ciencia escrita lo que se pretende es que quienes nos lean entiendan lo que tratamos de decir, se motiven para estudiar más sobre el tema o simple y sencillamente pasen un rato agradable al aprender. Para lograr dicho objetivo lo más recomendable es emplear un lenguaje sencillo y claro, así como ponernos en el lugar de los lectores (lo cual resulta muy difícil cuando no sabemos el nivel de conocimientos que poseen nuestros lectores y suponemos erróneamente que son, por ejemplo, físicos). En este sentido la recomendación de “bájate de tu nube” resulta muy apropiada, sobre todo cuando conocemos el nivel de educación de la población mexicana que es en promedio de secundaria. Lo anterior no significa dejar de lado uno de los

objetivos fundamentales de la divulgación de la ciencia: elevar el nivel de conocimiento científico y cultural de la población.

La divulgación de la ciencia supone llevar a la población el conocimiento de las diferentes disciplinas científicas y técnicas, entendidas en su acepción más amplia, es decir, como la divulgación del conocimiento que se genera en diversos ámbitos (ya sea universidades, institutos, instituciones gubernamentales y privadas, escuelas, empresas, editoriales, revistas, periódicos, programas de radio y televisión y medios de comunicación), tanto en las ciencias exactas, las naturales, las de la conducta y las sociales, cuanto aquellas que no encuentran clasificación, así como las disciplinas técnicas y el arte.

Por otro lado, cabe destacar que algunas de las disciplinas que han permanecido más alejadas de la población son las matemáticas, la física, la química y la biología, así como todas aquellas que se desprenden directamente de las anteriores.

Las razones de lo anterior son muchas y no es el propósito de este trabajo analizarlas. Sin embargo, en el caso de México, se pueden mencionar algunas causas por las que no se ha acercado a la población el conocimiento de dichas disciplinas que englobaré en tres grandes rubros: 1) Educación formal. 2) Sociales y 3) Medios de comunicación.

1) Dentro de la educación formal están: el escaso número de especialistas en matemáticas, física, química y biología para la población del país, el también escaso número de médicos e ingenieros dedicados a la enseñanza básica y media; el que los maestros de educación básica y media no tengan el mismo nivel de conocimiento que quienes han estudiado una licenciatura; la falta de oportunidades de trabajo relativamente bien remuneradas para quienes se han preparado en matemáticas, física, química y biología y desean dedicarse únicamente a la enseñanza, la divulgación o la investigación; los bajos niveles salariales de los profesores de educación básica y media; el muy elevado tiempo de horas grupo diarias que cada profesor de educación básica y media tiene que dedicar a sus grupos (seis horas diarias en promedio y en algunos casos hasta doce), lo cual impide no sólo su actualización, sino la preparación en otras áreas del conocimiento; el dedicarse a la investigación; el destinarle a los alumnos más tiempo para actividades fuera de clase y su propia participación en actividades extraescolares; también el escaso espacio y tiempo que se dedica en la mayoría de las universidades a la divulgación de la ciencia (más adelante volveré a analizar este último aspecto). Además de estas causas, muchas administrativas,

apunta Roberto Sayavedra⁴, hay un olvido de la tecnología que genera una idea deformada de la ciencia.

2) Entre las causas sociales están: la relativa juventud de la ciencia mexicana; el apoyo insuficiente para el desarrollo normal de la ciencia y la tecnología (entendida no sólo como investigación, sino enseñanza y divulgación); la percepción de muchos políticos y autoridades gubernamentales de que la inversión en una educación científica y técnica no es prioritaria, entendida como que quienes reciban dicha educación tengan una cultura científica y técnica general que les permita conocer mejor el mundo en que vivimos, una forma de pensar y de resolver los problemas; la falta de apoyo económico de las diversas empresas y organizaciones privadas para que la ciencia y la técnica se desarrollen libremente, sin condiciones, lo cual es una responsabilidad social de enorme envergadura que empresas de muchos países desarrollados asumen libremente o sujetas a las reglas del gobierno; el nivel de preparación promedio de la población mexicana que hasta ahora llega a segundo de secundaria (precisamente cuando se empiezan a estudiar más seriamente las matemáticas, la física, la química y la biología); la percepción social, sobre todo entre la población adulta y la familia, de que el conocimiento científico y técnico es inaccesible, inalcanzable, destinado a mentes únicas, privilegiadas, socialmente desadaptadas y aburridas; la mistificación de la ciencia y técnica, así como de sus actores: los científicos y los técnicos, con el único objeto de justificar socialmente la falta de apoyo. La escasa participación social de matemáticos, físicos, químicos y biólogos, así como técnicos, derivada de alguna de las causas antes expuestas (es decir, un círculo vicioso) y, en general, el pobre reconocimiento social y económico con que cuentan quienes se dedican a la enseñanza, la investigación y la divulgación, llámense maestros, investigadores o divulgadores. La falta de actividad científica en España durante la Colonia.

3) Algunas razones por las que los medios de comunicación se han mantenido al margen de la ciencia y la técnica son: para incluir a la ciencia y la técnica en los medios se requiere de un equipo o personas que estén preparadas para llevar el conocimiento científico y técnico a amplios sectores de la población (léase divulgadores), lo cual requiere tiempo y dinero, es decir, contratar a divulgadores de la ciencia que posean una cultura científica y técnica y que conozcan y manejen el medio (no podemos mandar a un científico a

⁴ Conversación personal con Roberto Sayavedra.

reportear, sino sabe hacer un reportaje, así como tampoco podemos pedirle a un periodista que haga una nota sobre el genoma humano, si no sabe la diferencia entre un cromosoma X y Y). Existen pocos científicos y técnicos que se dedican a hacer divulgación en los medios de comunicación, así como también hay pocos comunicadores que se han acercado a la ciencia y a la técnica de manera profesional (lo cual no quiere decir que cualquier persona interesada de diferentes ámbitos pueda dedicarse de manera profesional a la divulgación en los diferentes medios de comunicación); parece ser que el camino fácil y que no requiere el compromiso del comunicador del medio es el que predomina en los medios de comunicación y no me refiero al ámbito político o ideológico, donde por supuesto existen muchos compromisos, sino al compromiso de estudiar, investigar y comprender antes de comunicar sobre cualquier tema, y proporcionar el conocimiento adquirido a quien lo recibe, es decir, ser un divulgador o profesor de la comunicación; la ignorancia o reducida visión de quienes manejan los grandes medios de comunicación (llámese televisión, radio, periódicos, revistas e Internet) para dejar de lado todo lo que tiene que ver con ciencia y técnica, así como hacerlo premeditadamente, y la escasa responsabilidad social de los comunicadores de los medios masivos con la educación de la población (en un capítulo posterior me referiré ampliamente a esta cuestión).

Estas son algunas de las razones por las que no se ha hecho divulgación de la ciencia en disciplinas como las matemáticas, física, química y biología, así como disciplinas derivadas de las anteriores. Por ello, han sido las disciplinas más alejadas de la mayoría de la población. Lo anterior ha llevado a que en un principio la mayoría de los divulgadores se hayan dedicado a contrarrestar esta situación, es decir, ocuparse, en primer lugar, de que dichas disciplinas se acerquen a la población, lo cual no significa que en muchas otras áreas del conocimiento no pueda desarrollarse la divulgación. Algunas de estas áreas están más cerca de la población, por ejemplo, la economía, la historia, la antropología, la comunicación, la sociología, las ciencias políticas, las leyes, la administración, el comercio, las relaciones internacionales, la mercadotecnia, la contaduría y, en menor grado, las artes. Lo anterior no significa que en las áreas antes mencionadas no se tenga mucho que hacer en los medios de comunicación para contribuir en la educación de la población (en un capítulo posterior me referiré más detalladamente a éste aspecto).

Lo antes expuesto sólo ha permitido fundamentar el por qué los divulgadores de la ciencia se ha dedicado, en su mayoría, a divulgar áreas como las matemáticas, la física, la química y la biología, así como disciplinas afines. Entre las disciplinas afines considero a la medicina, la ingeniería, la astronomía, las ciencias de la Tierra y las del espacio, la geofísica, la biofísica, la biomedicina, la biotecnología, la fisiología, la fisicoquímica, la computación, el estudio de las fuentes de energía y las formas de aprovecharla, la ecología, la agronomía, las ciencias de la salud y las matemáticas aplicadas, entre otras.

Por ello, la divulgación de la ciencia puede incluir a todas las disciplinas, es decir, es interdisciplinaria, así como quienes la llevan a cabo pueden ser individualmente profesionales de todas las disciplinas, es decir, que el equipo que la lleva a cabo sea multidisciplinario.

1. 2 Principales características de la divulgación de la ciencia

Los divulgadores de la ciencia pueden desarrollar *productos, espacios o actividades* de divulgación como son los siguientes: revistas, libros, periódicos, programas de radio, programas de televisión, video, cine, teatro, páginas de Internet, productos de multimedia, museos, centros de ciencia, planetarios, conferencias, mesas redondas, talleres y cursos, todos ellos de ciencia en el sentido amplio de la palabra ciencia o técnica⁵ (por ejemplo, historia, funcionamiento y principios de aparatos); también los divulgadores pueden *formar* a otros divulgadores, a través de cursos, diplomados o maestrías sobre divulgación de la ciencia; los divulgadores de la ciencia asimismo pueden hacer *investigación* sobre divulgación de la ciencia, que puede abarcar desde conocer cómo es la historia de la divulgación, conocer el papel que desempeña la divulgación como una forma de educación complementaria para la población, las características que hacen que un libro, revista o periódico de divulgación llegue a amplios sectores de la población, recomendaciones para atraer a determinado sector de la población, las diferencias y puntos en común entre

⁵ Los términos técnica y tecnología se emplean en ocasiones como sinónimos, aunque algunos autores como José de la Herrán, sostienen que la tecnología no se puede divulgar, porque es secreta. Jorge Wagensberg señala que la tecnología es el uso más prestigioso del método científico. Por su parte, Roberto Sayavedra apunta que en la época actual los investigadores y los técnicos trabajan en equipo y cada vez más se eliminan las diferencias entre ciencia y tecnología. En cualquier caso me refiero a la técnica o la tecnología como las aplicaciones del conocimiento científico a aparatos, herramientas, mecanismos o sistemas útiles o inútiles.

divulgación y educación formal, el papel que desempeñan los maestros y los divulgadores para llevar la ciencia a la población, por mencionar sólo algunas de las áreas de un amplio campo virgen que hasta ahora no se ha investigado, y finalmente, *la promoción y la gestión* de la divulgación, que abarca desde la organización de actividades, su promoción, conseguir recursos, publicidad, administración y comercialización. Todas ellas forman parte de la divulgación de la ciencia.

1.2.1 Interdisciplina

La divulgación de la ciencia es un conocimiento interdisciplinario, en el cual intervienen las diferentes disciplinas, las ciencias, la literatura, el periodismo y las ciencias de la comunicación, la educación, la historia, la filosofía, la pintura, la ilustración, la fotografía, el diseño gráfico, la computación y la diferentes técnicas empleadas en cada medio de comunicación; todas las anteriores se refieren a diferentes disciplinas que intervienen en la divulgación de la ciencia escrita (que conforman el eje fundamental de toda la divulgación de la ciencia, aunque en otros tipos de divulgación intervienen además otras disciplinas como la arquitectura, la ingeniería y el diseño industrial, en el caso de los museos y centros de ciencia). Por ello, la interdisciplina aquí se refiere a emplear diferentes disciplinas para realizar un texto de divulgación.

1.2.2 Multidisciplina

Por otro lado, la divulgación de la ciencia (aquí me referiré a la escrita) también emplea un equipo multidisciplinario de personas para realizar un producto de divulgación, en el cual puede haber desde el investigador que conozca el tema o un divulgador que lo maneje o estudie, un escritor, redactor o corrector que sea capaz de expresar con un lenguaje sencillo y claro lo que se desea comunicar, un diseñador gráfico que sea capaz de darle forma a un texto para un artículo de periódico o de revista, un libro o una conferencia, un ilustrador o pintor que sea capaz de poner gráficamente algunos de los conceptos vertidos en el texto o que requieren de una comprensión gráfica, un fotógrafo que apoye o proporcione información sobre el tema de divulgación que se desarrolle, un periodista que sea capaz de

entrevistar a alguien de manera inteligente, hacer una nota informativa, proporcionar una noticia, hacer un reportaje, una crónica o un ensayo, un pedagogo, maestro o educador que sea capaz de conocer el nivel de conocimientos que posee la persona a la que se dirige el texto de divulgación o sepa cómo enseñar un concepto para una persona de determinada edad, un editor que conoce cómo se maneja el medio de comunicación, en el caso de la divulgación escrita: un periódico, una revista, un libro, así como una página de Internet. Todos estos profesionales y muchos otros de otras disciplinas como la historia y la filosofía, pueden participar para producir un solo producto de divulgación. Por supuesto que puede haber casos de una persona que maneje todas estas áreas, pero en la práctica se ha visto que resulta muy difícil que las dominen todas. Probablemente, en un futuro se podrá formar a un profesional de la divulgación de la ciencia que tenga experiencia en muchas de estas áreas. Pero por ahora se trata de un equipo multidisciplinario de personas que realizan un trabajo colaborativo (no cooperativo), es decir, que colaboran en equipo para sacar adelante un trabajo de divulgación. La multidisciplinaria se entiende aquí como el trabajo de especialistas de diferentes disciplinas que trabajan en equipo con un objetivo común.⁶

1.2.3 Hacia la universalización del conocimiento

Una característica de la divulgación de la ciencia es que pretende hacer universal el conocimiento, en el sentido de que cada persona posea una cultura científica lo más amplia posible.

En algunos países se habla de una alfabetización científica, pero ésta se entiende como una educación formal en ciencias exactas y naturales para toda la población. La frontera entre educación formal y la educación que recibimos por la divulgación de la ciencia, que llamo una educación complementaria (no formal o informal), en ocasiones es muy tenue, dado que los maestros de ciencia emplean muchos materiales y actividades de divulgación de la ciencia, como son artículos, revistas o libros de divulgación de la ciencia o sus

⁶ Un divulgador de la ciencia debe poseer una formación interdisciplinaria, es decir, de varias disciplinas y, por otro lado, aprender a trabajar en un equipo multidisciplinario, con personas que poseen más experiencia en otras especialidades que no son la suya. En otras palabras, no basta saber de ciencia para realizar un trabajo de divulgación y es necesario el trabajo en equipo.

estudiantes asisten a conferencias, talleres, centros o museos de ciencia, todas ellas actividades de divulgación.

El divulgador de la ciencia, a pesar de que requiere profesionalización y, en este sentido calidad, pretende que las personas tengan un conocimiento universal de diversas áreas del conocimiento y, en este sentido, no pretende la especialización en una pequeña parcela de conocimiento, como lo hace la investigación, sino conocer los conceptos fundamentales de las diferentes disciplinas, los principales avances científicos, desarrollar un pensamiento crítico y analítico, poseer herramientas para entender el mundo en que vivimos, entender cómo funcionan muchos aparatos cotidianos y saber cómo se pueden resolver los problemas desde el razonamiento científico.⁷

Al respecto uno de los grandes divulgadores de la ciencia, Carl Sagan señala: “ En la Universidad de Chicago tuve la suerte de encontrarme con un programa de educación general diseñado por Robert M. Hutchins en el que la ciencia se presentaba como parte integral del maravilloso tapiz del conocimiento humano. Se consideraba impensable que un aspirante a físico no conociera a Platón, Aristóteles, Shakespeare, Gibbon, Malinowski y Freud... entre otros... (y sigue más adelante). La categoría de los profesores en el programa de Hutchins no tenía casi nada que ver con la investigación: al contrario —a diferencia de lo que es habitual en las universidades norteamericanas de hoy—, se valoraba a los profesores por su manera de enseñar, por su capacidad de transmitir información e inspirar a la futura generación.”⁸

La divulgación de la ciencia pretende que las personas tengan una cultura científica, lo cual supone que estén al tanto de los avances más importantes de las diferentes disciplinas científicas; por ejemplo, conocer cuál es la teoría más aceptada sobre el origen del Universo, saber cuáles son los componentes elementales de la materia o saber que se ha determinado casi completamente la secuencia del genoma humano y las ventajas que ofrece la biotecnología para el bienestar de la sociedad. Más allá de estar al tanto de los últimos avances científicos, la divulgación de la ciencia, como la ciencia, nos muestra otra forma de pensar, en la cual no tienen lugar las creencias fundamentalistas, sino el razonamiento, la

⁷ Por supuesto, resulta fundamental el interés y el tiempo que se tenga para acceder a una cultura científica. Y las fronteras entre educación formal y divulgación, afortunadamente, poseen muchas intersecciones.

⁸ Sagan, Carl, *El mundo y sus demonios*, Planeta, México, 1997, p. 15.

experimentación y la prueba de que lo que estamos diciendo, así como mostrar conceptos que, en ocasiones, son complejos y difíciles de entender.

Pero la cultura científica es incluyente de otras disciplinas. Un físico debe conocer sobre evolución, genética, biotecnología, caos, estadística, matemáticas elementales, polímeros, energéticos, ecología, agronomía, economía, política, historia, literatura, comunicación, sociología, diseño, cocina, plomería, carpintería, pintura, música, fotografía, televisión, radio, cine, teatro, danza, periodismo, psicología, pedagogía, medicina, ingeniería, derecho, administración, arquitectura, pedagogía y filosofía, por mencionar solo algunas. Lo cual no quiere decir que sepamos mucho de nada, sino que tengamos una noción elemental de lo que hacen otras áreas del conocimiento. La cultura científica no está separada de la cultura general y de la educación (en su sentido más amplio y no en el de clases o de riqueza económica). La ciencia es cultura.

1.2.4 La motivación

La motivación es tal vez una de las características más importantes de la divulgación de la ciencia. Los divulgadores tienen que motivar a su público.

Aquí, a pesar de que el divulgador de la ciencia comparte esta característica con un maestro y un investigador, conviene hacer algunas diferencias.

El divulgador de la ciencia no tiene una población cautiva, como ocurre con un maestro de ciencias cuyos alumnos tienen que asistir a su clase y pasar la materia después de una evaluación, sino que voluntariamente (en la mayoría de los casos), leerán un artículo en una revista, un periódico o en un libro de divulgación por interés propio (en el caso de la divulgación escrita), asistirán a una conferencia o visitarán un museo de ciencia.

Los divulgadores de la ciencia comparten con los maestros la motivación para adentrarse en el estudio profundo de la ciencia. Por ello, no es extraño que la mayoría de los científicos que han decidido dedicarse a estudiar una carrera de ciencias exactas o naturales lo hayan hecho gracias a la lectura de un artículo o libro de divulgación o a la motivación de un maestro. Pero la divulgación no exige a los maestros de ciencia de motivar a sus alumnos, además de cumplir con el programa de estudios y sus evaluaciones (labor que se

ha perdido en los últimos años); pero ¿no todos van a la escuela! y ¿dónde queda la cultura científica para el resto de la población?

Por supuesto que los maestros de ciencia son los primeros interesados en la divulgación o divulgadores en la práctica, pero su espacio de influencia es comparativamente reducido con respecto a los divulgadores de la ciencia profesionales. Y también hay que considerar que la influencia de un maestro, por supuesto, es muy superior, en el terreno educativo, al de un divulgador de la ciencia. Por ello, los maestros de ciencia son los mejores aliados de la divulgación de la ciencia, sin olvidar que no toda la población va a clases. ¿Qué formación científica reciben los que no van a la escuela?

En relación con los investigadores, cuyas aportaciones originales al avance de la ciencia son fundamentales, los divulgadores de la ciencia comparten la creación. Cuando un investigador logra resolver un problema o realiza algún descubrimiento o aportación se siente realizado. Ha logrado a través de un esfuerzo que le puede tomar varios años obtener algún resultado. Dicho resultado se manifiesta en la publicación de su trabajo para que sus colegas conozcan sus aportaciones. El solo hecho de aportar algo nuevo por pequeño que parezca, constituye una motivación fundamental para seguir investigando. Los investigadores se sienten realizados o motivados de aportar un granito de arena para que mejore la comprensión de nuestro universo. Es una labor pequeña pero grande en cuanto a originalidad. La suma de muchos granitos de arena hará que entendamos mejor el mundo en el que vivimos. Pero lo anterior es poco representativo para el resto de la sociedad. Los investigadores prestigiados serán venerados por su comunidad. Sus aportaciones serán reconocidas por un millar de personas, y sin embargo, el resto de la población no sabe nada o muy poco de lo que han hecho. Los maestros, a pequeña escala, y los divulgadores de la ciencia, a gran escala, son los que se encargarán de que sus aportaciones lleguen al resto de la sociedad.

Mientras que los investigadores se motivan por una pequeña aportación al conocimiento de la humanidad, los divulgadores de la ciencia se encuentran gratificados si el resto de la sociedad entiende los resultados logrados, se interesa por la ciencia y aprende algo después de leer un artículo o libro de divulgación (en el caso de la divulgación escrita).

La motivación personal de los investigadores es aportar un granito de conocimiento científico para que éste avance, mientras que los divulgadores de la ciencia no sólo se

tienen que motivar por su trabajo, sino lograr que sus lectores o su público se sientan atraídos a la ciencia después de leerlos (en el caso de la divulgación escrita). Los investigadores aportan un conocimiento original a la ciencia y los divulgadores de la ciencia aportan un conocimiento original al comunicarse con la sociedad. En este sentido, los divulgadores de la ciencia comparten con los maestros y los investigadores la tarea de acercarse al estudio e investigación en la ciencia.

Los divulgadores de la ciencia tienen que motivar a sus lectores, en el caso de la divulgación escrita, o al resto de la sociedad a acercarse a la ciencia o la técnica o al conocimiento de alguna disciplina. Ese es el reto creativo de un divulgador de la ciencia y donde demostrará su creatividad. Mientras los investigadores se sienten motivados por su aportación, los divulgadores se sentirán motivados si logran, valga la redundancia, motivar a su público o a sus lectores. Los divulgadores sólo se sentirán motivados si influyen en la sociedad que no tiene conocimientos de ciencia. Por otro lado, hay que señalar, como sostiene Roberto Sayavedra, que existe una necesidad de la población por el conocimiento científico, es decir, entender dónde estamos y hacia dónde vamos.⁹ Ambas son labores creativas y originales pero con objetivos distintos. Un buen divulgador es tan importante como un buen investigador o un buen maestro. Motivar a la sociedad a acercarse a la ciencia y a la técnica no es una tarea sencilla. Por ello, debe considerarse a investigadores, maestros de ciencia y divulgadores de la ciencia como igualmente importantes, cosa que en la práctica no sucede. No está por demás recalcar que los físicos apoyemos a investigadores, maestros y divulgadores. Muchos se han dado cuenta de ello, pero falta institucionalizarlo.

La motivación en la divulgación de la ciencia es una característica individual de cada divulgador de la ciencia y en ella se pone en juego la labor creativa de cada divulgador y la calidad de su trabajo. Cada quien aporta su parte.

1.2.5 La labor educativa

La educación que proporciona la divulgación de la ciencia es universal y nos enseña a disfrutar de lo que aprendemos; por ello, señalé que la motivación es una de sus

⁹ Conversación personal con Roberto Sayavedra.

características fundamentales. Sin embargo, otro aspecto igualmente importante que caracteriza a la divulgación de la ciencia es la labor educativa.

A pesar de que divulgación de la ciencia proporciona placer, como todo trabajo creativo, para quien la realiza, y también intenta que quienes la reciban encuentren el gusto por leerla (si se trata de la divulgación escrita) y se provoque ese placer o gusto por la ciencia, no podemos soslayar el componente educativo que posee, aunque no la hagamos con el objetivo específico de educar a la gente que no tiene acceso al conocimiento científico y técnico especializado.

Al igual que apreciar las Mujeres de Avignon de Picasso o escuchar la Consagración de la Primavera de Stravinsky no significa recibir una educación formal, sí forma parte de nuestra cultura y, en ese sentido, tener una cultura general supone el acceder diversos tipos de conocimiento y este sólo hecho conlleva aprender algo nuevo, lo cual implica que estamos recibiendo una educación complementaria (no formal o informal), entendiendo a esta última como una educación fuera del ámbito escolar; hago esta aclaración porque en ocasiones se considera a la educación no formal como una educación apegada a los programas de estudio que se realiza fuera de clase y se habla de una educación informal como aquella que no está sujeta a reglas de ningún tipo (aunque prefiero el término complementaria, dado que el término informal tiene otros significados, como la educación familiar).

Lo que es un hecho es que cualquier obra creativa aporta algo a nuestra cultura general y en consecuencia a nuestra educación como individuos. Y la divulgación de la ciencia no es la excepción.

La divulgación de la ciencia siempre tendrá un contenido científico o técnico, y al tener acceso sin ser especialista a dicho conocimiento, estamos educando de manera complementaria a la población, a pesar de que nuestro objetivo no sea otro que llevarla a cabo por pura satisfacción personal. Por ello, sostengo que la divulgación de la ciencia desempeña un papel fundamental como una forma de educación complementaria para la población que no tiene acceso al conocimiento científico y técnico. En un capítulo posterior desarrollaré con mayor amplitud esta afirmación.

1.2.6 La creatividad

Otra característica de la divulgación de la ciencia es la creatividad. El divulgador de la ciencia recrea el conocimiento científico, a partir de sus conocimientos científicos, diferentes técnicas y su imaginación. Por ello, el trabajo del divulgador es un trabajo original por que posee una forma particular y única de transmitir el conocimiento científico o técnico al público no especializado, en la que ponen en juego todas sus capacidades o las de su equipo para mostrar dicho trabajo.

En un artículo o libro de divulgación se pueden poner en juego la sencillez, claridad y riqueza del lenguaje, la estructura del texto, la motivación hacia los lectores, el desarrollo y evolución de una idea o concepto científicos, transmitir la belleza de algún resultado científico o técnico, las características del pensamiento científico, la capacidad para dirigirse a un público determinado, la reiteración, el empleo de analogías, el contexto en el que se proporciona la información científica o técnica, la presentación y las imágenes visuales, por mencionar algunas de las más importantes.

Antes se creía que el trabajo del divulgador de la ciencia era de traducción, es decir, traducir el lenguaje especializado de la ciencia para un público especializado, pero hoy sabemos que no basta una simple o compleja traducción para llevar el conocimiento científico y técnico a amplios sectores de la población. Si fuera así en un lugar como el Centro de Lenguas Extranjeras de la UNAM habría un idioma que se llama ciencia y nos enseñarían a hablarlo, escribirlo, entenderlo y traducirlo. La analogía de los divulgadores como traductores resulta muy pobre, no porque la labor de los traductores no sea fundamental, sino porque no corresponde al trabajo que realiza un divulgador. Recordemos que un trabajo de divulgación posee una forma única y particular. Por ejemplo, dos trabajos sobre las leyes de Newton serían totalmente diferentes, aunque ambos incluyeran a las tres leyes.

Se ha argumentado que los divulgadores de la ciencia no producen trabajo original para el avance de la ciencia —lo cual es cierto— como lo hacen los investigadores, pero tanto los divulgadores como los maestros de ciencia recrean el conocimiento científico y tecnológico para que existan más investigadores y maestros de ciencia y para que la sociedad posea una cultura científica y comprenda la importancia de apoyar la ciencia y la

técnica para el desarrollo de la humanidad. Aquí la analogía de los músicos es pertinente; existen compositores de música, lo cual podría equipararse con los investigadores; también están los maestros de música que enseñan a tocar algún instrumento o a dirigir la orquesta, que corresponderían a los maestros de ciencia, y, finalmente, están los intérpretes, que podrían ser una orquesta, un cuarteto o un solista, estos últimos serían los divulgadores. Nótese en esta analogía de los divulgadores como intérpretes, el trabajo de un equipo como una orquesta sinfónica o de cámara (aunque también hay solistas), a diferencia del trabajo de un compositor o un maestro de música que en la mayoría de los casos es individual.

Si seguimos con la analogía de los músicos, el trabajo tanto de compositores, maestros de música e intérpretes es esencial. No podemos ser compositores sin saber tocar un instrumento, así como es muy difícil conocer una obra si nunca la hemos interpretado. Por supuesto que un compositor puede interpretar sus obras, pero resultaría muy complejo que las conocieran millones de personas, a partir de su interpretación. Más aún, existen compositores que no son buenos intérpretes y otros que sí lo son. De igual manera hay maestros de música que son buenos concertistas y otros que no, así como también hay de orquestas a orquestas o de solistas a solistas.

La analogía de los músicos nos proporciona también luz para entender que no únicamente los investigadores son científicos, sino los maestros de ciencia y los divulgadores también son científicos. Considero que tanto los maestros de ciencia de cualquier nivel, así como los divulgadores son científicos, siempre y cuando desempeñen su trabajo profesionalmente, dado que enseñan y recrean el conocimiento científico, respectivamente. Y la postura de considerar únicamente a los investigadores como científicos, sólo ha aumentado la brecha que existe entre el conocimiento científico y técnico y el resto de la sociedad.

Finalmente, la misma analogía de los músicos también resulta pertinente para señalar que el trabajo de los divulgadores de la ciencia y la técnica no sólo es un trabajo científico; y que considero que los divulgadores son científicos, así como también artistas; en su desempeño se pone en juego toda la creatividad de una persona o grupo de personas. Leer un gran libro de divulgación es hacer literatura: arte de un artista. Ciencia y arte se juntan.

1.3 ¿Quiénes hacen divulgación de la ciencia?

En un principio se consideraba que sólo existían dos gremios que podían dedicarse a la divulgación de la ciencia: por un lado, los dedicados profesionalmente a las ciencias exactas y naturales, y por otro, los periodistas. Y se entabló una fuerte polémica entre ambos grupos. Los periodistas señalaban que los investigadores y maestros no sabían escribir bien, no conocían los géneros periodísticos y empleaban un lenguaje difícil de entender para la mayoría. Por su parte, los investigadores y maestros argumentaban que el contenido científico y técnico en los artículos publicados estaba totalmente deformado, y aún más era incorrecto, lo cual desinformaba a la población, situación difícil de corregir.

La polémica hoy continúa, pero afortunadamente fuera del gremio de los divulgadores profesionales.¹⁰

Los divulgadores de la ciencia que provenían de las ciencias exactas y naturales tuvieron que aprender en la práctica de periodistas, escritores y comunicadores, con excepción de aquellos científicos que ya escribían bien. Por su parte, los comunicadores y periodistas interesados en la divulgación empezaron a estudiar y aprender los fundamentos de la ciencia.

Después de algunos años se vio que no era suficiente saber de ciencias exactas y naturales, comunicación y periodismo para dedicarse a la divulgación de la ciencia, también había que saber de otras disciplinas.

La solución que se ha encontrado hasta ahora es aceptar, como se señaló en los apartados anteriores, que la divulgación de la ciencia la realiza un equipo de personas de diferentes disciplinas y que en el trabajo de divulgación intervienen muchas disciplinas; es decir, que se trata de un trabajo multidisciplinario e interdisciplinario como se señaló anteriormente.

Esta forma de trabajo colaborativo, en la que personas de una disciplina aprenden de otras, es la que ha dado mejores resultados para obtener un producto, actividad o espacio de divulgación de calidad.

¹⁰ Desgraciadamente se siguen cometiendo errores científicos en muchos periódicos, revistas y libros de divulgación.

Mientras tanto los pocos divulgadores de la ciencia que existen se han preocupado de profesionalizar dicha actividad, a través de diplomados y especialidades en divulgación, para que los futuros divulgadores adquieran una formación integral y aprendan de los divulgadores formados en la práctica.¹¹

Hoy puede afirmarse que personas de cualquier especialidad pueden hacer divulgación de la ciencia, con la única condición de que realicen un trabajo profesional. Por supuesto, que una condición indispensable es que los contenidos científicos y técnicos deben ser verdaderos, dentro de un contexto general. Y siempre es indispensable una persona que los avale, llámese investigador, maestro o divulgador.

1.4 Otros términos para la divulgación de la ciencia

Existen otros términos para referirse a la divulgación de la ciencia. Algunos de ellos se consideran como sinónimos, mientras que otros presentan algunas diferencias.

Empezaré por señalar las diferencias. La primera diferencia es que divulgación de la ciencia se entiende como llevar el conocimiento científico y técnico a un público no especializado, mientras que difusión de la ciencia se entiende como comunicar dicho conocimiento entre especialistas. Vale la pena señalar que en algunos espacios, por ejemplo, la Facultad de Ciencias de la UNAM y CONACYT, ambas actividades se consideran equivalentes o son sinónimos.

El término periodismo científico se entiende en México como un subconjunto de la divulgación de la ciencia, es decir, como la divulgación de la ciencia que se realiza en periódicos, revistas, radio y televisión (lo anterior significa que todos los periodistas científicos son divulgadores, pero no todos los divulgadores son periodistas de ciencia). En España, por ejemplo, en algunos sectores la divulgación de la ciencia se entiende como sinónimo de periodismo científico.

Por otro lado, se consideran sinónimos la divulgación de la ciencia, la comunicación pública de la ciencia, la popularización de la ciencia, la comunicación de la ciencia, la comunicación social de la ciencia y la vulgarización de la ciencia. En un sentido amplio,

¹¹ Por ejemplo, los diplomados en divulgación de la ciencia, de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM y de la Universidad del Claustro de Sor Juana, así como las maestrías en comunicación de la ciencia, de la DGDC y Facultad de Filosofía de la UNAM y del ITESO, en Guadalajara.

también son sinónimos difusión de la ciencia y periodismo científico. Todavía los divulgadores de la ciencia no nos hemos puesto de acuerdo en el uso de los términos que se refieren a nuestra actividad.

Lo importante hoy es que sepamos que nos referimos a la misma actividad y que en un futuro cercano la llamemos con el mismo nombre, sin importar la lengua.

2. Panorama general de la divulgación en los medios escritos en México

2.1 Antecedentes sobre ciencia

Antes de proporcionar un panorama general sobre la divulgación en los medios escritos en México, vale la pena mencionar algunos antecedentes sobre los conocimientos científicos que poseían nuestros antepasados. La razón de lo anterior obedece a entender que, por un lado, el conocimiento científico que poseían las culturas prehispánicas es significativo (a pesar de que hemos perdido muchas fuentes por la conquista), sobre todo en astronomía y matemáticas, y por otro, que estar subordinados a la conquista española, retrasó el desarrollo de la ciencia en México, porque el desarrollo de la ciencia española se mantuvo retrasado durante muchos años. Sin embargo, los mexicanos sí tuvimos una ciencia prehispánica y su divulgación ha llegado hasta nuestros días. Basta observar los templos y estelas de nuestros antepasados. Por ello, he creído pertinente proporcionar algunos elementos del desarrollo de la ciencia en México para entender el desarrollo de la divulgación de la ciencia en México.

Las aportaciones y la cultura científica mexicanas tienen ya varios siglos y se remontan hasta la época prehispánica. Sobre una de las civilizaciones mesoamericanas más antiguas, los olmecas, que habitaron en lo que hoy son los estados de Veracruz y Tabasco, entre los años 1000 y 300 antes de Cristo, Eric Thompson, uno de los arqueólogos más prestigiados y uno de los principales estudiosos de la cultura maya afirma que: "Es muy probable que la gente de La Venta, los llamados olmecas, hayan inventado el símbolo para el cero o terminación de una cantidad, puesto que también ellos emplearon las barras y los puntos en la notación por lugares. Sin embargo, estamos lejos de tener la seguridad de que usaron la numeración por posiciones antes que los mayas de las tierras bajas lo hicieran (no existen símbolos para el cero en los pocos textos que se conocen de La Venta)."

El cero hindú más antiguo que se conoce, proviene de una inscripción encontrada en Camboya, en Indochina, y corresponde al año 604 d. de C. En cuanto a la India, el cero más antiguo es del año 873 d. de C. Sin embargo, existen algunas referencias literarias anteriores a las inscripciones mencionadas que utilizaban el cero; los hindúes lo

denominaban *sunya* y lo representaban con un punto. Sin embargo, se desconoce la antigüedad de tales obras.

En la culturas prehispánicas, en cambio, las primeras referencias al cero aparecen en la estela 2 de Chiapa de Corzo y la estela C de Tres Zapotes, ambas olmecas, cuya antigüedad corresponde a los años 35 y 31 a. de C., respectivamente. Esto quiere decir que el cero mesoamericano apareció 639 y 635 años, respectivamente, antes que en la cultura hindú. Más aún, las estelas de Petén de la cultura maya en las que aparece el cero son también anteriores a las inscripciones de Camboya. Los ceros esculpidos más antiguos del mundo, en los que aparece el cero representado como una flor, provienen de la estela 18 de Uaxactún y corresponden al año 357 d. de C. Tanto los mayas como los olmecas representaban al número cero de distintas formas: como un caracol, una flor completa o parcial y finalmente una cara maya con una mano “haciendo cuernos”, apoyada en la mandíbula inferior, y un signo espiral en la frente.

Los mayas tenían un sistema de numeración vigesimal, es decir, con veinte elementos y que era posicional (de abajo hacia arriba), es decir, que dependía del lugar en el que se colocaban los numerales se refería a las unidades, decenas (veintenas), centenas (cuatro centenas), millares (16 centenas), etcétera, tal y como ocurre hoy con nuestro sistema decimal arábigo. Los mayas nos enseñaron que también se puede contar con los dedos de los pies. Para representar cualquier número los mayas empleaban puntos, rayas y el símbolo del caracol en su versión simplificada (una especie de ojo con tres líneas en el centro). Un punto es la unidad y una raya cinco unidades. Además tenían glifos para representar a los números.

Una de las preocupaciones fundamentales de los mayas fue medir el tiempo. Para ello emplearon un calendario de 260 días denominado tzolkin o almanaque, que tenía 13 semanas de 20 días cada una. Pero también utilizaban un calendario largo que consistía en 1 kin= 1 día, 20 días= 1 uninal, 360 días= 18 uninales= 1 tun, 7,200 días= 20 tunes= 1 katún y 144,000 días= 20 katunes = 1 baktún. Con estas equivalencias es posible identificar la antigüedad de los monumentos mayas, siempre y cuando sepamos que el origen para medir que usaban los mayas se sitúa en el año 3113 y 160 días a. de C. También debe señalarse que los mayas no sólo empleaban los números para señalar fechas importantes, tal vez

relacionadas con ciclos agrícolas o creencias religiosas, sino que tenían glifos especiales para representar los días y los meses.

Para medir el tiempo, los mayas se valían de la observación astronómica que realizaban en sus templos, tal vez uno de los más conocidos es el Observatorio de El Caracol, en Chichén Itzá. A partir de sus observaciones astronómicas fueron capaces de calcular la duración del año solar como de 365.2422 días que es más preciso que el año del calendario gregoriano que se emplea actualmente (recordemos que cada 4 años es un año bisiesto, que tiene un día más). Calcularon el tiempo que tardan varios planetas (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno) y la Luna en dar una vuelta completa. Fueron capaces de predecir más de sesenta eclipses de Sol y de Luna. Y registraron en sus monumentos las fechas que consideraron importantes de acuerdo con sus costumbres religiosas. Todo lo anterior sin contar que su sistema de escritura jeroglífica es tan amplio y complejo que incluso hoy no se conoce el significado de muchos símbolos y figuras.

Pero no únicamente la astronomía, las matemáticas y la medición del tiempo fueron las únicas disciplinas científicas que cultivaron nuestros antepasados, otras áreas importantes fueron la medicina herbolaria, es decir, la cura con plantas naturales y una cultura alimenticia o culinaria que prevalece hasta nuestros días. Narra por ejemplo, Fray Bernardino de Sahagún, en la *Historia general de las cosas de la Nueva España*, “De ciertas yerbas que emborrachan. Hay una yerba que se llama *cóatl xoxouhqui*, y crían una semilla que se llama *ololiuhqui* o *cóatl xoxouhqui*. Esta semilla emborracha y aloquece. Danla por bebedizos para hacer daño a los que quieren mal, y los que la comen parecenles que ven visiones y cosas espantables. Danla a comer con la comida, o a beber con la bebida los hechiceros y los que aborrecen a algunos, para hacerles mal. Esta yerba es medicinal, y su semilla, para la gota, muliéndola y poniéndola en el lugar dondestá la gota.” Aquí se hace referencia al peyote que empleaban los chichimecas. Más adelante, en referencia a las costumbres alimentarias, Sahagún cuenta cómo se alimentaban de uno de los manjares que hoy está en peligro de extinción: las tortugas marinas. “Hay tortugas y galápagos –narra Sahagún-. Llámanlos ayótl. Son buenos de comer, como las ranas. Tienen conchas gruesas y pardillas. Y la concha de debaxo es blanca. Y cuando andan y cuando comen echan fuera los pies y las manos y la cabeza. Y cuando han miedo, enciérranse en la concha. Crían en la arena. Ponen huevos. Y entiérranlos debaxo de la arena, y allí se empollan y nacen. Son de

comer estos huevos, y son más sabrosos que los de las gallinas. Para tomar a estas tortugas o galápagos espéranlos de noche a que salgan fuera del agua, y entonces corren a ellos los pescadores, y vuélvenlos la concha abaxo y la barriga arriba, y luego otro, y después otro...". Ya desde hace 500 años nos comíamos las tortugas y los huevos de tortuga. No nos extraña que hoy sea una especie en peligro de extinción y que debemos proteger.

Desgraciadamente, muchos de los códices de los que se ha obtenido la mayoría de la información para conocer la cultura prehispánica fueron destruidos por los conquistadores. Pese a ello, por los pocos códices que quedaron tenemos hoy la certeza de que nuestros antepasados sí tuvieron una cultura científica.

Durante la Colonia se afirma que la ciencia mexicana estuvo supeditada en buena medida al desarrollo de la ciencia europea.

Algunas contribuciones de científicos mexicanos o extranjeros radicados en México, mayoritariamente españoles, a la ciencia son las siguientes:

- Los historiadores de la ciencia Elías Trabulse y Roberto Moreno de los Arcos, señalan que Fray Diego de Rodríguez fue uno de los primeros científicos de la época novohispana; se cree que nació cerca de 1596 y murió en 1668. A él se le otorgó la primera cátedra de astrología (hoy astronomía) y matemáticas de la Real y Pontificia Universidad. Entre sus obras están el *Tratado del modo de fabricar relojes* y *Doctrina general repartida en capítulos de los eclipses de sol y luna*, y además determinó la latitud del Valle de México, fundamental para ubicar a nuestra nación en los mapas.

- Uno de los ejemplos más representativos de la ciencia nacional, dado que alcanzó fama mundial, es el de Don Carlos de Sigüenza y Góngora, quien nació en 1645 y desde muy joven se interesó por las ciencias exactas. El rey Carlos II de España lo nombró Cosmólogo Real, dado que hizo los cálculos sobre la posición del cometa de Halley, que pasó muy cerca de la Tierra en el año 1682, y la exactitud de sus predicciones le valió las felicitaciones de Sir John Flamsteed, astrónomo real y director del Observatorio Real de Greenwich, así como de Cassini, director del Observatorio de París. Como señala Elías Trabulse¹², ser cosmógrafo real no era una tarea sencilla dado que se debían predecir y hacer mediciones de eclipses de Sol y de Luna y de los movimientos planetarios, calcular la

¹² Trabulse, Elías, *La obra científica de Don Carlos de Sigüenza y Góngora 1667-1700*, Actas de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, Ciclo de Conferencias, Programa Académico 1989, México, 1989.

longitud y la latitud de los puntos más importantes del virreinato, como ciudades y puertos, se debía estudiar la orografía y la hidrografía del país y delinear el perfil de sus costas, dado que estos datos eran fundamentales para establecer las fronteras en los mapas. También los cosmógrafos reales debían levantar mapas generales y regionales, informes precisos sobre viajes de exploración, la viabilidad de colonizar nuevas regiones, habilitar puertos y supervisar las fortificaciones defensivas marítimas, labores que Carlos de Sigüenza realizó magistralmente. Para muestra un ejemplo: elaboró el primer mapa general de México hecho por un mexicano. Además, como dato anecdótico, Sigüenza y Góngora era gran amigo de una notable poetisa mexicana: Sor Juana Inés de la Cruz, lo que muestra que ciencia y literatura no estaban separados.

Uno de los aspectos por los que Sigüenza es más conocido es por la célebre polémica que entabló con el padre Eusebio Kino, quien en su libro *Exposición Astronómica del Cometa* sostenía la falsa creencia de que el acercamiento de los cometas a la Tierra produce efectos malignos y catástrofes, debido a las concepciones aristotélicas que prevalecían hasta entonces. Como respuesta Don Carlos de Sigüenza y Góngora escribió la *Libra Astronómica y Filosófica*, en el que refutaba las falsas creencias de Kino y explicaba que la aparición de los cometas constituye un fenómeno astronómico normal que se repite cada equis años. En el caso del cometa de Halley, se observará cada aproximadamente 76 años, como una bola de hielo sucio que al acercarse al Sol se empieza a derretir y produce la bella cauda de los cometas que todos hemos visto. Por cierto para quienes lo vieron en 1986, excepto los niños, tal vez será la última vez que lo puedan admirar, dado que aparecerá nuevamente en el año 2062.

Sigüenza y Góngora se dedicó a la enseñanza de la astronomía y las matemáticas en la Real y Pontificia Universidad de México hasta el final de sus días, en 1700.

- Poco después de la Guerra de Independencia, el rey Carlos IV ordenó la fundación de una de las instituciones que más colaboraron en el desarrollo de la ciencia mexicana: el Real Colegio de Minería. Pero quien en realidad tuvo la iniciativa de crearlo fue el destacado astrónomo mexicano Joaquín Velázquez de León (1732-1786). Alexander von Humboldt diría de él: “es el geómetra más señalado que ha tenido la Nueva España después de Sigüenza.”

A pesar de que había estudiado para abogado se aficionó por la ciencia y la literatura y se hizo experto en la minería, proporcionándole a Carlos III un estudio sobre la situación de la minería mexicana, así como el establecimiento de un Tribunal de Minas y un Colegio de Minería. Sólo diez años después llegó la respuesta del rey que a través de las Ordenanzas disponía el establecimiento de un Colegio en el que se prepararía a los técnicos de la minas.

Pocos años después, Joaquín Velázquez de León, fue nombrado director general del Tribunal de Minas, pero no pudo ver realizada su obra, dado que murió en 1786. Corresponde a Carlos IV la inauguración del edificio en 1792, construido por Manuel Tolsá, hoy célebre Palacio de Minería, que se encuentra en el centro de la Ciudad de México y pertenece a la UNAM.

• ¿Quién fue el director del Colegio de Minería?. Fue el eminente químico español Fausto Elhúyar, originario de Logroño, en la región de La Rioja. Fausto Elhúyar junto con su hermano Juan José fueron enviados a Alemania a estudiar minería en uno de los centros más avanzados de su época, el Instituto Metalúrgico de Freiberg, en Alemania, becados por la Sociedad Vascongada de Amigos de España. Al terminar sus estudios se incorporaron como investigadores en la Universidad de Upsala, en Suecia. Y en lugar de regresar a España —señala Horacio García Fernández¹³— descubrieron un nuevo elemento de la tabla periódica: el wolframio con símbolo W. Sin embargo, como el químico sueco Scheele, había estado trabajando en la misma dirección, tratando de separar los elementos de un mineral pesado llamado tungsteno, se le quedó indebidamente el nombre de tungsteno. Sólo en los países de habla hispana se le ha llamado wolframio. Si queremos que este nombre se use por todo el mundo debemos llamarlo wolframio. Por ejemplo, el filamento de los focos comunes y corrientes está hecho de una aleación de wolframio y torio.

• Entre los años de 1803 y 1806 el doctor Francisco Xavier de Balmis realizó un viaje a las colonias españolas en América y Asia con el objeto de probar la vacuna contra la viruela, en un intento por contribuir a la eliminación de esa entonces terrible epidemia. Pero lo sorprendente del trabajo de Balmis fue que quienes contribuyeron para realizar la prueba de la vacuna fueron niños huérfanos de Galicia de entre 8 y 10 años de edad.

¹³ García Fernández, Horacio, "Dos hombres y un colegio", en *Genética para el futuro*, Colección Esto es química, ¿y qué?, Facultad de Química, UNAM, México, 1997, pp. 75-81.

La vacuna contra la viruela la desarrolló el médico inglés Eduard Jenner, en 1738. Jenner descubrió que los ordeñadores de vacas no contraían la viruela y esto se debía a que de las pústulas de las vacas que generalmente se encontraban en las ubres podía extraerse la vacuna. A pesar de la importancia de la vacuna de Jenner, descubierta en 1713 en Inglaterra, se prohibió su aplicación a lo largo de varios años, hasta que se aceptó la vacuna en 1738. En España llegó en 1768 y en la Nueva España la introdujo Balmis en 1803.¹⁴

• La planta del tabaco es originaria de América y posteriormente se exportó a Europa. Uno de los componentes más dañinos del tabaco es la nicotina. Jean Nicot —según narra José Antonio Chamizo¹⁵— era embajador de la corte francesa en Lisboa, y en 1561, envió de contrabando el tabaco a París. Así que de ahí proviene el nombre de la nicotina.

Justus von Liebig dirigía uno de los laboratorios de investigaciones químicas y farmacéuticas más importantes del mundo en la Universidad de Giessen, en Alemania.

Ahí tuvo la oportunidad de estudiar el químico mexicano Vicente Ortigosa y realizó en 1842 su tesis titulada *Sobre la composición de la nicotina y la composición de algunos de sus compuestos* bajo la dirección de Liebig. En este laboratorio Ortigosa fue el primero en analizar y aislar la nicotina, cuya fórmula era $C_{10}H_{14}N_2$, aunque Ortigosa le puso dos átomos más de hidrógeno, lo cual para la precisión de los análisis de la época, según afirma Berzelius, estaba dentro de los límites de tolerancia.

En cuanto a la botánica no pueden dejarse de lado las contribuciones fundamentales a la botánica y el estudio de las plantas mexicanas de Francisco Hernández.

Por otro lado, a pesar de ser alemán, otro personaje importante para la ciencia mexicana fue Alexander von Humboldt, quien a través de sus viajes a México y Sudamérica, proporcionó una visión integradora del desarrollo de la ciencia mexicana de principios del siglo XIX y contribuyó a la divulgación de la misma en México. Una de sus obras sobre los aportes de la ciencia mexicana a la europea es *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*, de 1808.

Hasta aquí dejaremos algunos ejemplos de las contribuciones de los científicos mexicanos o extranjeros que vivieron en México a la ciencia actual, a pesar de no pretender

¹⁴ García Fernández, Horacio, "La vuelta al mundo del doctor Balmis o los desconocidos Niños Héroes", en *Genética para el futuro*, Colección Esto es química, ¿y qué?, Facultad de Química, UNAM, México, 1997, pp. 60-84.

¹⁵ Chamizo Guerrero, José Antonio, "La nicotina del tabaco, algo de química del siglo XIX.", en *Estampas de la ciencia I*, Colección la Ciencia para todos, Núm. 173, PCE, México, 1999, pp. 138-183.

ser exhaustivos, dado que no es el objetivo fundamental de este trabajo, sino únicamente proporcionar unas cuantas imágenes del desarrollo de la ciencia mexicana.

En el caso de la física, para resumir, los primeros antecedentes los tenemos sin lugar a dudas en los conocimientos astronómicos y matemáticos de los mayas. En la época de la Colonia, Carlos de Sigüenza y Góngora (1645-1700), fue tal vez uno de los científicos más destacados, junto con su antecesor fray Diego Rodríguez (1596-1668), primer catedrático de astrología (antes la astrología era la astronomía como ya dijimos) y matemáticas, de la Real y Pontificia Universidad de México, en 1637. Posteriormente, alrededor de la explotación de las minas surgieron científicos y técnicos destacados, algunos relacionados con la física como Bartolomé de Medina, descubridor de método de patio para facilitar la extracción de la plata, Henrich Martín, cosmógrafo real y realizador de la obra de desagüe en la ciudad de México.

Años más tarde, en 1792, con la fundación del Real Seminario de Minas, se dan cita algunos de los principales científicos mexicanos por nacimiento o porque vivían aquí, que dan un impulso fundamental para el desarrollo de la ciencia mexicana. En el caso de la física, señala Arturo Menchaca¹⁶, el Seminario de Minas fue el germen de la institucionalización de la física en México; por ejemplo, el minero español Francisco Bataller, escribió el primer libro de física para la enseñanza hecho en México, así como Antonio de León y Gama, en 1874, fue el primer mexicano que impartió un curso de mecánica newtoniana, en 1874; dos años más tarde, en 1876, Ladislao de la Pascua, publicó su libro *Introducción al estudio de la física*, en la Escuela Nacional Preparatoria.

Posteriormente, algunos de los personajes destacados en física y disciplinas relacionadas con ésta fueron José Antonio Alzate y Ramírez (1729 o 1737-1799), José Ignacio Bartolache (1739-1790), Diego de Guadalajara (¿), Antonio de León y Gama (1735-1802), Joaquín Velázquez de León (1725-1786), José Mariano Mociño (1757-1820), Pedro Garza, Francisco Díaz Covarrubias (1833-1889), Felipe Rivera (1852-1920), Valentín Gama (1868-1942), Luis G. León (1876-1913), Joaquín Gallo (1882-1965), Sotero Prieto (1885-1935), Ricardo Monges López (1886-1983), Alfonso Nápoles Gándara (1897-1992), Luis Enrique Erro (1897-1955) Manuel Sandoval Vallarta (1899-1977), Alfredo Baños, Carlos

¹⁶ Menchaca, Arturo, "La física en México. Los temas y las instituciones", en *Las ciencias exactas en México*, Biblioteca Mexicana, FCE, México, 2000, p. 108.

Graef Fernández (1911-1988), Guillermo Haro (1913-1988), Fernando Alba Andrade¹⁷ (1919-) y Alberto Barajas (1923-), por mencionar solo algunos.

2.2 La divulgación en los medios escritos en México

Sin pretender hacer una historia de la divulgación de la ciencia en México, tarea que requerirá de la investigación de muchos historiadores de la ciencia, divulgadores y comunicadores e investigadores sólo proporcionaré un panorama general del desarrollo de la misma, a partir de los estudios que ha realizado Alberto Saladino García¹⁸ y Consuelo Cuevas Cardona¹⁹, así como mis propias aportaciones.

La primera manifestación periodística sobre ciencia aparece en 1541, en la ciudad de México, bajo el título “Relación del espantable terremoto que ahora nuevamente ha acontecido en las indias en una ciudad llamada Guatemala.” Vale la pena mencionar que desde entonces los temblores han sido tema de preocupación de los mexicanos, ¡pero sólo cuando ocurren! —como señala Cinna Lomnitz— y ello ha contribuido al notable desarrollo de la sismología en México, dado que nuestro país tiene regiones de gran sismicidad.

Posteriormente, aparece en 1599, en la ciudad de México, *El panegrico indiano*. Llama la atención el título de una publicación dirigida al vulgo. Casi un siglo después aparece la *Primera y Segunda gaceta sobre un terremoto de 1681*.

Carlos de Sigüenza y Góngora publicó desde 1671 hasta 1700, Almanagues, Pronósticos o Lunarios en los que hacía predicciones astronómicas, hoy conocidas como efemérides, en los que se daba cuenta de los fenómenos celestes que ocurrirían a lo largo del año como son los eclipses o la visibilidad de la Luna, pero Sigüenza aprovechó algunos de sus Lunarios para publicar obras históricas y cronológicas y denunciar las falacias de la astrología, por lo

¹⁷ Fernando Alba fue el primer físico recibido en la UNAM, el 19 de noviembre de 1943.

¹⁸ Saladino García, Alberto, *Ciencia y prensa durante la ilustración latinoamericana*, Universidad Autónoma del Estado de México, México, 1996.

¹⁹ Cuevas Cardona, Consuelo, “Historia y divulgación de la ciencia en México”, en *Antología de la divulgación de la ciencia en México* (Juan Tonda, Ana María Sánchez y Nemesio Chávez, coordinadores), Colección Divulgación para Divulgadores, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 2002.

que –en un sentido amplio– pueden considerarse como uno de los primeros trabajos de divulgación de la ciencia, dado que estaban destinados al público en general.²⁰

En el año de 1693, aparece un trabajo sobre la reconquista española de Nuevo México y el sometimiento incruento de los indios sediciosos que Carlos de Sigüenza y Góngora tituló *Mercurio Volante*.

En 1722, está el periódico la *Gaceta de México y Noticias de Nueva España*, de Juan Ignacio de Castoreña y Ursúa, que posteriormente se convirtió en *Florilegio Historial de México y Noticias de Nueva España*. Posteriormente, entre 1728 y 1739, Juan Francisco Sahagún de Arévalo Ladrón de Guevara edita la *Gaceta de México*, y en 1742, el *Mercurio de México*. Estos cuatro últimos periódicos se consideran antecedentes de la prensa ilustrada, dado que sólo en una proporción menor comunicaban acontecimientos naturales y noticias humanísticas y científicas (tal y como hoy sucede en la prensa escrita).

Alberto Saladino señala que la segunda mitad del siglo XVIII “es la época de origen de la divulgación científica” en México.²¹

Los dos grandes pioneros de la divulgación de la ciencia escrita son José Antonio Alzate y José Ignacio Bartolache.

En 1768 aparece el *Diario Literario de México*, la primera publicación en la que se incluyen temas de divulgación de la ciencia. El nombre de diario literario contrasta con la idea que se tiene actualmente de que las ciencias y las artes están separadas, nada más alejado de la realidad de los divulgadores; ¡no hay dos culturas!, sino una cultura general y la ciencia forma parte de ella. En este sentido, vale la pena subrayar la visión de Alzate que se adelantó a su tiempo más de dos siglos.

Cuatro años después, el 17 de octubre de 1772²², aparece el hoy famoso *Mercurio Volante, con noticias importantes y curiosas sobre varios asuntos de física y medicina*, para ser precisos a lo largo de 1772 y 1773. Hay que notar la diferencia entre los títulos de las publicaciones de hoy: cortos y atractivos, así como que el resto de las ciencias aparentemente no estaban incluidas en la misma. En el número del 28 de octubre de 1772, Bartolache arremete contra la concepción aristotélica del mundo para defender las ideas de

²⁰ Trábulse, Elías, *La obra científica de Don Carlos de Sigüenza y Góngora 1667-1700*, Actas de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, Ciclo de Conferencias, Programa Académico 1989, México, 1989.

²¹ Saladino García, Alberto, Op. cit., p.68.

²² Anaya, René, “Una historia que falta por constar”, *La Jornada*, 10 de junio, México, 1996.

Newton y Descartes, refiriéndose a aquella señal: “Su física es ya por consentimiento universal lo que hay que saber de bueno, la más bien fundada, la sola útil de un modo efectivo y la sola que no ha desmentido la razón, ni la naturaleza, ni alguna experiencia.” Bartolache además pugnaba por publicar los avances de la ciencia en español (en su época el francés era la lengua dominante), cosa que hoy parece que muchos investigadores han perdido, lo cual es fundamental para la divulgación de la ciencia en México, dado que sólo un pequeño sector de la población conoce el inglés: el idioma actual de la ciencia, lo cual se traduce en una doble desventaja para acercarse a la ciencia: el lenguaje científico y un idioma diferente al nuestro (ya no hablemos de las lenguas indígenas).

Una semana después, el 26 de octubre de 1772 y hasta 1773, José Antonio Alzate, saca a la luz su nueva publicación: *Asuntos varios sobre ciencias y artes*, donde explícitamente está la unión entre la ciencia y el arte, característica de la divulgación.

En 1777, Diego de Guadalajara publica *Advertencia y reflexiones sobre el buen uso de los relojes y otros instrumentos matemáticos, físicos y mecánicos*, publicación que hoy nos puede sonar disparatada, pero que en nuestra época podría ser equivalente a llamar la atención sobre el buen uso de los transportes o de los recursos del planeta.

La labor incansable de José Antonio Alzate, lo llevaría a continuar con la publicación de la *Gaceta de Literatura de México* (variación del nombre de su primera publicación), de 1788 a 1795, cuyo contenido en su mayoría estaba dedicado a la información científica y técnica. En la publicación escribían Antonio de León y Gama, José Mariano Mocino (botánico y vulcanólogo), Joaquín Velázquez de León y Andrés Manuel del Río (químico descubridor del eritronio, hoy vanadio).

Durante los años de 1784 a 1809 se publicó la *Gazeta de México, compendio de noticias de Nueva España*, en la que se otorgaron amplios espacios al conocimiento científico, a diferencia del espacio que otorgan hoy en día los grandes medios de comunicación de la ciencia. Nótese que se trataba de una publicación que duró más de veinte años.

Durante esa época los periódicos o gacetas tenían en promedio cuatro folios o páginas (en ocasiones eran de ocho), lo cual podría ser un experimento interesante para la época actual. Imaginemos un periódico de distribución masiva sobre ciencia de cuatro hojas; tal vez sería el medio adecuado para lograr una alfabetización científica y técnica, así como aumentar el nivel de lectura de nuestra población. ¡Ya se hizo hace dos siglos!

Tratando de unir un rompecabezas de muchas piezas (algunas de las cuales todavía no tenemos), continuaremos con la investigación de Consuelo Cuevas sobre la historia de la divulgación en México, que hace referencia a algunas de las publicaciones de divulgación de la ciencia realizadas en el siglo XIX.²³

Aunque indirectamente relacionada con las publicaciones de divulgación, la fundación del Museo Nacional, en 1825 (dado que su reglamento se publicó el 15 de junio de 1825, en el cual Isidro Ignacio Icaza, director del Museo señala los objetivos del mismo) es relevante por varias razones: “es la primera institución científica profesional que se formó en México”²⁴, duraría más de 80 años y daría origen en 1909 a tres museos, de Arqueología, de Historia y Etnografía y de Historia Natural (hoy Museo del Chopo de la UNAM y que diera origen al Museo de Historia Natural del Bosque de Chapultepec), se reconocería explícitamente la importancia de realizar actividades de divulgación como lo señala Gumersindo Mendoza, director del Museo, en 1877: “El Gobierno general que ha fundado este útil establecimiento, ha comprendido que al fundarlo, fue su objeto vulgarizar el conocimiento científico y difundirlo entre todas las clases de nuestra sociedad; por lo tanto, el Gobierno actual apoya y fomenta los trabajos emprendidos en este sentido.”²⁵ (Vale la pena que las instituciones científicas y educativas actuales tomen nota de la visión clara que se tenía hace más de un siglo.), la labor del Museo le valió una medalla de oro en el área de educación y enseñanza en la famosa Exposición de París, en 1889, de carácter internacional, y finalmente, el aspecto que nos ocupa, del Museo Nacional surgieron las publicaciones *Anales*, en la que se daban cuenta los resultados de las exploraciones científicas, y el *Boletín*, con las actividades del Museo.

En relación con las revistas y periódicos de divulgación del siglo XIX, se pueden mencionar las siguientes publicaciones. *Diario de México*, de 1805 a 1817. Probablemente, en 1833, aparece la revista *Registro Trimestre* y, en 1835, la *Revista Mexicana*, continuación de la anterior, con artículos sobre temas científicos.

En 1840, aparece *El Mosaico Mexicano*, que publica 16 volúmenes; en el editorial de su primer número los editores señalan que, a pesar de admitir que publicarán muchas traducciones de periódicos franceses e ingleses, tratarán temas de “los nuevos

²³ Cuevas Cardona, Consuelo, Op. Cit., pp. 122-126.

²⁴ Op. Cit., p. 122.

²⁵ Op. Cit., p. 122.

descubrimientos en las artes y en las ciencias, los sucesos históricos más sorprendentes, los fenómenos naturales, los procedimientos agrícolas, las descripciones pintorescas de los lugares más célebres del globo, viajes, biografías de hombres ilustres, poesías puramente mexicanas y todo género de amenidades.”²⁶

Entre 1843 y 1845, se publica *El Museo Mexicano*; en dicha publicación –a pesar de que se continúan publicando traducciones–, aparecen colaboraciones mexicanas firmadas con siglas (según las investigaciones de Consuelo Cuevas, participaban en la publicación Lucas Alamán y Leopoldo Río de la Loza). En el editorial de su primer número Consuelo Cuevas recoge de manera ejemplar el interés de los editores y redactores por las revistas de divulgación de la ciencia: “Con ellas la necesidad de instrucción, el amor a la verdad y el entusiasmo por todo lo que es grande y sublime, sentimientos innatos del hombre, se satisfacen en todas aquellas personas, tan numerosas en la sociedad, que no pueden consagrarse al estudio y la meditación, y que apenas consienten en hojear un pequeño cuaderno que excita su curiosidad, sin asustar su inteligencia, ni repugnar a su gusto. Con ellas, como con un libro claro y elemental, se propaga una multitud de conocimientos que sin este recurso no podrán llegar hasta las últimas clases, ni penetrar en las poblaciones más atrasadas donde tan convenientes y aun indispensables son.”²⁷ No podemos dejar de lado el recalcar la claridad meridiana sobre los objetivos fundamentales de la divulgación de la ciencia que hoy, en pleno siglo XXI, siguen siendo válidos, pero que se plantearon ¡hace 160 años!

En 1844, aparece *El Liceo Mexicano*; en 1845, la *Revista Científica y Literaria de México* y también en ese año la revista *La ciencia recreativa* “dirigida a los niños y la clase trabajadora”, editada por José Joaquín Arriaga, fundador de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. En 1849, se publica *El Álbum Mexicano* y, en 1851, *Biblioteca Mexicana Popular y Económica. Ciencias, Literatura y Humanidades*, publicación en la que una vez más se mezclan ciencias y literatura. En ella de igual forma resulta revelador el comentario de los editores: “Incalculable es lo que gana la humanidad con la lecturas de la clase de esta revistas. La instrucción se difunde de esta manera, prodigiosamente, viniendo a adornar a las inteligencias más rudas y más frívolas; ¡cuántas personas que tienen un horror

²⁶ Cuevas Cardona, Consuelo, Op. Cit., p. 124.

²⁷ Cuevas Cardona, Consuelo, Op. Cit., p. 125.

sistemático a los libros serios y voluminosos, habrían permanecido en la oscuridad y la ignorancia sin el asilo y la luz de estas revistas, donde la ciencia se presenta a los lectores bajo formas ligeras y atractivas! ¡Cuan aflictivo sería el espectáculo de la humanidad sin periódicos de esta clase: la ciencia sería como en tiempos lejanos, el patrimonio de unos cuantos, la sociedad gemiría en la ignorancia y el fanatismo y las preocupaciones mantendrían a los hombres en la esclavitud!²⁸ Hoy la lección sigue siendo válida.

En el año 1861, aparece *El Año Nuevo*, periódico semanario de literatura, ciencias y humanidades. En él colaboran grandes intelectuales de la época como José María Lacunza, José María Lafragua, Manuel Orozco y Berra, Ricardo Huarte, Antonio del Castillo, Emilio Pardo, Manuel Payno y Luis G. Ortiz. En su editorial los editores y colaboradores señalan la importancia de contar nuevamente después de las convulsiones políticas con un espacio para la literatura y las ciencias, mencionando las revistas anteriores.

Posteriormente, como señalamos anteriormente, el Museo Nacional publicó sus *Anales* y su *Boletín*, en 1877. Y más tarde surgiría *La Naturaleza*, publicación de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, de la cual formaban parte los miembros del Museo Nacional. Aunque los artículos de dicha publicación estaban dirigidos a investigadores, la podían leer los no especialistas, como sucede hoy con publicaciones como *Ciencia y Desarrollo* o *Ciencia* (en 1892, la publicación se enviaba a 64 instituciones de diferentes países). Por esa misma época aparecerían las *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate* (sociedad que daría origen a la Academia de la Investigación Científica y a la actual Academia Mexicana de Ciencias, que publica desde mediados del siglo XX la revista *Ciencia*) y el *Boletín de la Dirección de Estudios Biológicos*, así como el *Boletín de la Sociedad Astronómica de México*, publicado en 1903.

Durante la primera mitad del siglo XX, entramos a una época que ha sido poco estudiada, en relación a publicaciones de divulgación de la ciencia, aunque se deben mencionar publicaciones como el libro *Física para niños*, de Luis G. León, de 1911, fundador de la Sociedad Mexicana de Astronomía, la revista *El Universo*, de 1941, dirigida por don Alberto González Solís y el profesor Gallardo, también de la Sociedad Mexicana de Astronomía, la publicación de artículos de divulgación en *Revista de Revistas* (sobre todo traducciones) y la revista *Ciencia*, en 1943, de la Academia Mexicana de Ciencias

²⁸ Cuevas Cardona, Consuelo, Op. Cit., p. 125.

(revista especializada con artículos de divulgación para el nivel superior). Vale la pena mencionar que la primera mitad del siglo XX y finales de XIX se caracterizó por la publicación de revistas de investigación especializadas en diversos campos de la ciencia.

En relación con los libros se publicaron sobre todo libros de texto y traducciones de libros de otros países. Tal vez los primeros libros de divulgación de la ciencia que se distribuyeron de forma masiva fueron los Breviarios del Fondo de Cultura Económica y, en el caso de la física, destacan los ensayos sobre el átomo y la física moderna del gran investigador y divulgador George Gamow.

3. La divulgación escrita en física en la época reciente

Antes de abordar el desarrollo de la divulgación escrita en la época reciente me gustaría hacer dos aclaraciones. En primer lugar, hablaré de la divulgación de la ciencia en general, en la que se incluyen artículos y libros de física y otras disciplinas, salvo excepciones, dado que como señalé en el primer capítulo, la divulgación de la ciencia tiende hacia la universalización del conocimiento y en rigor las publicaciones de divulgación incluyen todo tipo de temas y no unas cuantas disciplinas. En segundo lugar, también quiero mencionar aquí que no pretendo hacer una historia de la divulgación de la ciencia en la época reciente, labor que requerirá de una investigación profunda de muchas personas. Así que sólo proporcionaré un panorama general del desarrollo de la divulgación de la ciencia en la época presente, haciendo énfasis en la divulgación escrita de la física (que creo que ha sido relevante como se verá más adelante), que espero que sea útil para futuras investigaciones.

3.1 La revistas de divulgación de la ciencia

Como señalé en el capítulo anterior, durante la primera mitad del siglo XX surgieron dos revistas de divulgación de la ciencia: *El Universo*, de la Sociedad Astronómica de México, asociación fundada por Luis G. León en 1902 e integrada por aficionados a la astronomía. Según el registro de correos de la publicación se señala el año 1941, como el año en que se publicó por primera vez, dirigida como dijimos por Alberto González Solís y el profesor Gallardo. La revista *Ciencia*, primero de la Academia de la Investigación Científica (sucesora de la Sociedad Antonio Alzate) y después la Academia Mexicana de Ciencias, apareció en su primera época, en 1943, aunque debe mencionarse que se trata de una revista que está en la frontera entre la especialización y la divulgación, así que propiamente en su primera época no puede considerarse de divulgación de la ciencia (aunque en su nueva época, 2001, se ha acercado a la divulgación de la ciencia para el nivel superior y medio superior, lo cual es un esfuerzo muy loable, dado que supone acercar la publicación a mayor número de personas).

En la década de los 50 –señala René Anaya²⁹– surgieron periodistas de ciencia como Juan José Morales Barbosa, quien publicó desde 1957 sus trabajos en el *Diario de la Tarde*, el suplemento *México en la Cultura*, de la revista *Siempre*, dirigido por Fernando Benítez, la revista *Mañana* y *Contenido*, sobre todo en el campo de la biología marina y la geofísica, y que en 1994 fue distinguido con el Premio Nacional de Divulgación de la Ciencia.

En 1957, la Facultad de Ciencias de la UNAM, publicó la revista *Mixhuntul*, la cual fue una revista interdisciplinaria, que no sólo incluía artículos de ciencias exactas y naturales, sino sociales y humanísticas³⁰.

Durante la década de los 60, la divulgación de la ciencia, y en particular de la física, se caracterizó en un inicio con la lectura de traducciones de excelentes libros de divulgación y la lectura de la revista *Scientific American* (para aquellos que pudieran leer en inglés) o *La Recherche* (para quienes leyeran en francés).

Fue en diciembre de 1968, cuando surge la revista *Física*, dirigida por Luis Estrada, pionero de la divulgación de la ciencia en México. *Física* constituye un parteaguas para del desarrollo de la divulgación de la ciencia en México en su época actual, y de la física, en particular, por varias razones: en primer lugar, porque se reunió a un equipo de personas con el objetivo común de hacer una revista de divulgación científica para lectores no especializados; en segundo lugar, porque el equipo dirigido por Luis Estrada, concibió a la revista *Física*, incluyendo a las demás ciencias, característica relevante para una publicación de divulgación de la ciencia; en tercer lugar, porque se pusieron a trabajar en equipo un conjunto de físicos y profesionales de otras disciplinas, lo cual garantizaba la calidad del contenido científico de los artículos, y finalmente, porque no existía ninguna revista de divulgación de la ciencia mexicana hasta ese momento, a pesar de que otros divulgadores hubieran hecho colaboraciones en periódicos, revistas, libros y otros medios.

En la presentación de su primer número se puede leer:

“¿Que es *Física*?

“*Física* es la revista de divulgación científica de la Sociedad Mexicana de Física. Está destinada a ser el órgano informativo de nuestra sociedad que nos mantenga al día de los avances de la ciencia y de sus consecuencias en nuestra civilización.

²⁹ Anaya, René, Op. Cit., 1996.

³⁰ Zamarrón, Guadalupe, *La divulgación de la ciencia en México: una aproximación*, Serie Cuadernos de Divulgación, Núm. 1, SOMEDICYT, México, 1994, p. 26.

“*Física* ha sido creada para establecer una comunicación entre las personas interesadas en las ciencias y en sus aplicaciones. Nuestra revista circulará tanto en los medios académicos como en los industriales y se preocupará por buscar un acercamiento mayor entre la investigación, la enseñanza superior y el desarrollo de la tecnología basada en la investigación científica. *Física* está destinada a colaborar en el desarrollo de un medio cultural y tecnológico acorde con el conocimiento científico del mundo en que vivimos.

“El nombre de nuestra revista se debe a que tenemos como punto de partida a la ciencia del mismo nombre. Sin embargo, el contenido de *Física* incluye a las demás ciencias, aprovechando las relaciones y conexiones que ésta tienen con aquella. Como resultado del avance científico contemporáneo, las fronteras entre las diversas ciencias se han ido desvaneciendo y se ha realizado la unidad del conocimiento científico. Nuestro propósito al llamar *Física* a nuestra revista es usar este término en el sentido en el que lo tomaban los griegos cuando iniciaron su estudio: el entendimiento de la naturaleza.”

En el directorio del primer número aparece como Editor, Luis Estrada (quien la dirigió durante toda su existencia); en el Consejo Editorial, están: Jorge Barojas, Juan Antonio Careaga, Jorge Flores, Rebeca J. de Muñoz, Manuel Muñoz y Sergio Reyes, y como Colaboradores, aparecen Fernando del Río, Jorge Gleason, Ludwig Iven, Víctor Miguel Lozano y Andrés Palacios. *Física* en sus inicios era una revista mensual publicada por la Asociación para la Divulgación Científica H. A. Lorentz, A. C., para la Sociedad Mexicana de Física (en esa época dirigida por Marcos Moshinsky y Luis de la Peña) y patrocinada por la UNAM.

En el editorial del primer número describe la opinión del equipo editorial sobre el desarrollo científico y la civilización, en el que concluye:

“Si consideramos que muchos de los problemas que ahora nos aquejan provienen de la falta de comunicación entre la gente, de prejuicios y de imágenes falsas de las situaciones, un diálogo, motivado y llevado dentro de un espíritu científico ayudaría a mejorar nuestra vida. Es muy probable que la influencia más importante de la ciencia en nuestra civilización es el entendimiento, la mejor comprensión y la difusión del conocimiento actual del mundo en que vivimos. Quizá una actitud abierta, influida por un mejor conocimiento de lo que la ciencia puede, y de lo que no puede lograr, sea lo más importante para el progreso de nuestros pueblos.”

También en este número se incluían tres artículos principales: “La evolución de nuestro conocimiento del magnetismo”, de Luis Estrada; “La física y la prolongación de la vida”, de Gerald Feinberg, y “Una entrevista a Alfred Kastler (Premio Nobel de Física 1966)”, de Manuel Muñoz. Finalmente, tenía secciones de Cartas, Editorial, Noticias, Proyectos y Libros y revistas. Y en la páginas centrales estaba la sección Temas de física, en la que diferentes físicos mexicanos, escribían por entregas diferentes capítulos de un gran libro de texto de física.

En agosto de 1970, la revista se convierte en *Naturaleza* y en una carta del director, Luis Estrada, señala: “Nuestra revista salió a la luz pública como resultado del esfuerzo de un grupo de físicos que deseaban compartir con sus congéneres el disfrute de su contemplación de la naturaleza. La bautizamos *Física* porque nuestra descripción de la naturaleza se hacía desde el ángulo de esa disciplina. Nuestro deseo desde un principio, fue hacer una publicación que cubriera todo el mosaico del conocimiento científico. Con este número comenzamos a realizar nuestro anhelo: iniciamos una nueva época que se caracterizará por un esfuerzo para cubrir los demás ángulos de la descripción del universo. El cambio se irá realizando poco a poco, pero deseamos desde ahora anunciar nuestro objetivo y por eso llamaremos a nuestra revista *Naturaleza*. Mes a mes participaremos a nuestros lectores los resultados de nuestros esfuerzos y los nuevos colaboradores pronto mostrarán las otras partes del mosaico del mundo científico. Recordemos, para terminar, que la ciencia no es únicamente de los científicos y que es necesaria la participación y el apoyo de todos para seguir adelante en la formación de las imágenes de la ciencia.”

Para esa época, se habían incorporado al Consejo Editorial, Fernando del Río y Ariel Valladares. Y a pesar de que la revista era de la Asociación para la Divulgación Científica H. A. Lorentz, A. C., contaba con la colaboración del Departamento de Ciencias de la Dirección General de Difusión Cultural de la UNAM.

En la revista *Naturaleza* y antes *Física* escribieron gran cantidad de investigadores, maestros de ciencia y se formó un sólido equipo de divulgadores. En sus páginas encontramos espléndidos artículos de divulgación de la ciencia de: José de la Herrán, Juan de Oyarzábal, Luis Felipe Rodríguez, Cinna Lomnitz, Fernando del Río, Salvador Malo, Jorge Barojas, Jorge Flores, Carlos Graef, Alberto Barajas, Shahen Hacyan, Alfonso Mondragón, Alejandro Quevedo, Silvia Torres, Manuel Peimbert, Déborah Dultzin, Julieta

Fierro, Carmen y Julia Tagüeña, Arcadio Poveda, Antonio Lazcano, Silvia Bravo, Miguel Ángel Herrera, Manuel Robert, Gonzalo Halffter, Guillermina Yankelevich, Ricardo Tapia, Carlos Vázquez-Yanes, Alejandro Pisanty, Silvia Bulbulián, Servando de la Cruz, Daniel Malacara, Gabriel Torres, Ariel Valladares, Alicia García Bergua, Carlos López Beltrán, Arturo Menchaca, Luis de la Peña, José Luis Pérez Silva, Francisco Sierra Vázquez, Ana Luis Guzmán, Eliezer Braun, Edmundo de Alba, Julio Rubio, Rafael Pérez Pascual, Juan José Rivaud, Guadalupe Zamarrón y el propio Luis Estrada, por mencionar sólo algunos.

En el número 5 de octubre de 1983, *Naturaleza* publicó un número especial dedicado a la “Comunicación e incomunicación de la ciencia”, con colaboraciones que hoy todavía sirven de ejemplo para quienes se quieren dedicar a la divulgación de la ciencia (por ejemplo, destacan los artículos de Carlos López Beltrán³¹ y Alicia García Bergua³², cuya lectura considero imprescindible). Sin embargo, dicho número apareció hasta abril de 1984, lo cual demostraba que la publicación estaba sufriendo los embates de la falta de apoyo económico. Todavía en el número siguiente, Luis Estrada y su equipo se dieron el lujo de sacar un número especial, con lo que sería una selección de los mejores artículos de divulgación de la ciencia o una muestra de lo que es una revista de divulgación de calidad. En la carta de Luis Estrada, “Una revista de divulgación de la ciencia”, ya se anticipa el cierre inminente de la revista, que ocurriría en diciembre de 1984, con la publicación de los índices de 15 años ininterrumpidos de llevar la ciencia al público no especializado.

Luis Estrada se encargó de formar un equipo de divulgadores de la ciencia que siguen activos en el terreno de la divulgación escrita y otros medios como la radio, la televisión, el multimedia y los museos. Todos ellos trabajaron en el Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia de la UNAM, fundado en 1980 y que dirigió Luis Estrada durante muchos años.

En marzo-abril de 1975, surge otra revista de divulgación de la ciencia: *Ciencia y Desarrollo*, publicación bimestral del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), fundada por el periodista Manuel Buendía, asesinado violentamente

³¹ López Beltrán, Carlos, “La creatividad en la divulgación de la ciencia”, *Naturaleza*, Vol. 14 Núm. 5, octubre, Asociación para la Divulgación de la Ciencia H. A. Lorentz-UNAM, México, 1983.

³² García Bergua, Alicia, “La divulgación de la ciencia por escrito”, *Naturaleza*, Vol. 14 Núm. 5, octubre, Asociación para la Divulgación de la Ciencia H. A. Lorentz-UNAM, México, 1983.

posteriormente por sus denuncias políticas en los periódicos. *Ciencia y Desarrollo* surgió siendo director general de CONACYT Gerardo Bueno Zirión.

En la presentación del primer número de la revista, se apunta:

“En esta ocasión aparece por primera vez la revista bimestral *Ciencia y Desarrollo* editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

“La revista se encuentra orientada a satisfacer varios propósitos. En primer lugar, constituirse en un foro donde se examinen con vigor y objetividad los problemas de desarrollo científico y tecnológico del país, y se planteen posibles soluciones para hacer frente a esa problemática. En segundo lugar, para dar a conocer a sectores más vastos de la población –o sea, también a los no especializados en determinadas ramas o conocimientos del saber científico y tecnológico– los resultados de investigaciones llevadas a cabo por nuestra comunidad científica. Finalmente, proporcionar información y materiales a los preocupados con las cuestiones científicas y tecnológicas sobre sucesos o discusiones en otras áreas del mundo.

“La mayor parte de los que nos han hecho favor de proporcionar colaboraciones en este primer número, son distinguidos miembros de nuestra comunidad científica. Se trata, en consecuencia, de artículos que son de la exclusiva responsabilidad del o los autores. Un propósito permanente e invariable al editar esta revista es, en consecuencia, el de garantizar la plena libertad de expresión y la independencia de criterio de los que a ella contribuyan.

“La revista que ahora inicia su vida, *Ciencia y Desarrollo*, sin duda llena un hueco en el campo de las publicaciones que se editan en el país. Al ser éste el primer número, seguramente se podrán encontrar errores. En las próximas ediciones, contando con la colaboración de nuestra comunidad científica y de otros interesados en el tema, seguramente podrá irse mejorando y sistematizando su presentación.

“Invitamos a otros investigadores a que nos ayuden a mejorarla tanto a través de contribuciones que aparezcan en sus páginas, como enviándonos sugerencias y comentarios objetivos.”

En la Coordinación de la revista, junto con Manuel Buendía, aparecen Norma Castro y Rogério Ramírez Gil. En la Redacción: Raúl Monteforte Sánchez y Angélica Prieto Inzunza. Y en el Diseño: María Elena Quevedo, Arturo y Guillermo Fonseca Alfaro, Jorge

Mancera y Juan Ángel Hernández Bravo. En el siguiente número se integrarían Luis Guevara y Margarita Loreto.

En su primer número se incluyeron colaboraciones de Rubén Lisker, Daniel Malacara, Mario Castañeda con Jaime Martuscelli, Jaime Mora y José Negrete, Arturo Gómez-Pompa, Enrique Beltrán, Mario Fosado, Santiago Genovés, Mario Correa, Alberto Sols, Carlos Casas Campillo y Félix Córdoba.

Solo hasta el segundo número apareció el consejo editorial (llamados asesores editoriales), integrado por Gerardo Bueno Zirión, Alejandro Carrillo Castro, Luis Estrada, Arturo Gómez-Pompa, Raúl Ondarza e Iván Restrepo (más tarde se integraría Pablo Rudomín). Nótese que Luis Estrada participó en la creación y apoyo de *Ciencia y Desarrollo*, a pesar de tener su propia revista. Posteriormente, únicamente en el número 12 de enero-febrero de 1977, estaría en lugar de Manuel Buendía, el destacado periodista Enrique Loubet Jr., que más tarde se encargaría de editar *Comunidad CONACYT*, publicación cultural en la que participaron muchos intelectuales mexicanos.

En el siguiente número de *Ciencia y Desarrollo* (13), asume la edición de la revista Martín Casillas, junto con el cambio de dirección del CONACYT, con Edmundo Flores. Crece el consejo editorial y los asesores y cabe destacar la integración de Augusto Monterroso y Eduardo Lizalde al frente de las publicaciones del CONACYT, lo cual garantiza un fuerte impulso a las publicaciones del Consejo, aunado al fuerte apoyo económico que otorga Edmundo Flores. Durante su administración se crean otras tres publicaciones: *Información Científica y Tecnológica* (de la que hablaremos más adelante), *Comunidad CONACYT* y *Research and Development* (publicación en inglés sobre la ciencia mexicana). Además, se publican gran cantidad de libros de divulgación científica y técnica, traducciones de grandes investigadores o divulgadores, Snow, Wigner, Fermi, Newton, Einstein, Koestler, estudios sobre el desarrollo de la ciencia en diferentes países, antologías de científicos mexicanos, etc. Se crea una gran red de librerías de ciencia en todo el país, como jamás se ha tenido y también se forma a otro sólido equipo de divulgadores de la ciencia.

Posteriormente, al frente de *Ciencia y Desarrollo*, estaría Clairette Ranc y en la redacción Concepción Ortega. En esa época tuve la fortuna de integrarme a CONACYT, en

la revista *Información Científica y Tecnológica* que dirigía José de la Herrán, y más tarde, a *Ciencia y Desarrollo*.

Al cambiar la dirección general de CONACYT con Héctor Mayagoitia, continúa con la labor editorial heredada por Edmundo Flores y en algunos aspectos la fortalece, el tiraje de las revistas *Ciencia y Desarrollo e Información Científica y Tecnológica* alcanza los 30,000 ejemplares, aunque desaparece las revistas *Comunidad CONACYT y Research and Development*. Se encargan de las publicaciones Leopoldo Mendívil y Guadalupe Ruiz. Y la edición de *Ciencia y Desarrollo* está a cargo de Mauricio Fortes. Posteriormente, han editado *Ciencia y Desarrollo*, Gloria Valek, Christine Allen, Jorge Brash, Alfredo Gómez, Eugenio Frixione, Armando Reyes, luego otra vez Clarette Ranc, Carlos Monroy y Laura Bustos.

Tanto durante las administraciones de Edmundo Flores como de Héctor Mayagoitia, al frente del CONACYT, se dio un fuerte apoyo a las publicaciones de divulgación de la ciencia en el CONACYT, así como a las librerías de publicaciones científicas.

El esfuerzo ha valido la pena, dado que *Ciencia y Desarrollo*, continúa saliendo en la actualidad, es decir, tiene casi 30 años de llevar la ciencia y la técnica a sectores de la población que clasificaría como estudiantes de educación superior, así como maestros e investigadores universitarios.

Cabe aclarar que tanto la revista *Naturaleza* como *Ciencia y Desarrollo* son revistas anteriores a la revista *Discover* y otras publicaciones de divulgación de reconocido prestigio internacional, lo que demuestra la gran tradición mexicana en revistas de divulgación de la ciencia con todos los antecedentes que hemos señalado.

La siguiente revista de divulgación de la ciencia fue la revista *Información Científica y Tecnológica*, también del CONACYT, creada en la administración de Edmundo Flores, que apareció el 15 de julio de 1979. Se trataba de una revista quincenal dirigida a un público más amplio que las anteriores y con artículos más breves y periodísticos. Sin lugar a dudas *Información Científica y Tecnológica* y más tarde *ICYT*, llenó un hueco en las publicaciones de divulgación, dado que por primera vez se tenía una publicación para jóvenes interesados en la ciencia y lectores no universitarios que la siguieron durante muchos años. Tal vez si algo tenemos que criticarle es el nombre poco afortunado, al igual

que *Ciencia y Desarrollo*, para una revista de divulgación de la ciencia, que debe ser corto y atractivo para los lectores.

El editorial de la primera revista, cuyo primer editor fue Martín Casillas, se proporciona la razón de ser:

“Esta nueva revista quincenal, *Información Científica y Tecnológica*, pudiera parecer un acto reiterativo. No lo es.

“Entre las atribuciones del CONACYT está la de promover las publicaciones científicas (aunque hoy parece que se les ha olvidado), difundir noticias sobre los avances de la ciencia y la tecnología nacionales, sus aplicaciones y los programas y actividades de los centros de investigación.

“La revista *Ciencia y Desarrollo*, que publica ya el CONACYT con la colaboración de la comunidad científica nacional e internacional, presenta ensayos científicos de fondo, noticias sobre descubrimientos recientes y comentarios de primera mano y de interés permanente; toda vez que se publica cada dos meses pierde sin remedio importantes noticias de actualidad.

“La frecuencia creciente con que ocurren cambios institucionales, congresos, reuniones científicas y sucesos imprevistos señala la necesidad de disponer de medios más cercanos al buen periodismo, capaces de proporcionar información veraz, concreta, útil y oportuna en los campos de la ciencia y la tecnología. Sólo en México operan alrededor de ochocientos cincuenta centros de investigación y desarrollo experimental que emplean a cerca de 13,000 investigadores, baste este dato para comprender todo lo que no se registra debido a la falta de publicaciones adecuadas.

“*Información Científica y Tecnológica* pretende publicar las noticias más importantes que atañen a su materia y ofrecer una corriente continua de información a científicos y técnicos, al estudiante y a las empresas públicas y privadas, para quienes esperamos que esta publicación se convierta pronto en artículo de primera necesidad.”

El tema de portada del primer número fue el Accidente del Ixtoc, en el que se derramaron millones de litro de petróleo en el Golfo de Campeche.

Entre los asesores editoriales estaban Augusto Monterroso, Eduardo Lizalde, Enrique Loubet Jr., Juan Mora Rubio, Andrea Burg y Susana Glusker. Y como jefe de redacción,

Eduardo Martínez, así como un gran equipo de redactores, entre los cuales estaba Juan Puig, excelente redactor, corrector y escritor.

En su mejor época *ICYT* alcanzó ventas de 28,000 ejemplares, lo cual es sin duda digno de mención para el tiraje actual de las publicaciones de divulgación de la ciencia nacionales y demuestra con hechos la importancia de llevar la ciencia y la técnica a grandes sectores de la población. El primer número tenía 16 páginas.

Después de Martín Casillas, fueron editores Manuel Sandoval, José de la Herrán, Jorge Brash, Arturo Arce Lira, Juan Manuel Valero, Juan Tonda, Gerardo Kleinburg, Víctor Manuel Castaño (director científico) y David Cortés (editor), Manuel S. Garrido (director editorial) y José Ángel Leyva (editor), entre otros.

Tuve la fortuna de iniciarme en la divulgación de la ciencia en la revista *Información Científica y Tecnológica*, en 1981, bajo la dirección de José de la Herrán (a quien considero un pionero de la divulgación, gran técnico y científico, además de gran amigo, que el tiempo le reconocerá todo lo que ha hecho por la divulgación, la técnica y la ciencia en México), y con excelentes amigos, escritores y divulgadores, como Jorge Brash, Juan Manuel Valero, Consuelo Garrido, Juan Puig y Guillermo Bermúdez, cuando todavía la revista era quincenal. Afortunadamente, unos años después se volvió mensual.

A pesar de que no deseo profundizar en la importancia que tuvo la revista *Información Científica y Tecnológica*, más tarde *ICYT*, por razones obvias (aunque espero que otros divulgadores se encarguen de analizar más objetivamente su importancia), sí quiero dejar constancia de que en ella nos formamos un equipo importante de divulgadores de la ciencia y escritores, y que quienes la hicimos posible asesoramos a divulgadores de otras revistas como la revista *Ciencias*, de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Y que *ICYT* cumplió con su labor de llevar la ciencia y la técnica a los jóvenes, aunque desgraciadamente, en abril de 1996, se cerró, por la visión reducida del entonces director del CONACYT, de no apoyar a las publicaciones de divulgación de la ciencia.

En el bimestre de octubre-noviembre de 1979 surgió el *Boletín de Difusión*, del Departamento de Física, de la Facultad de Ciencias de la UNAM, dirigida por Ana María Cetto Cramis.

A manera de presentación la revista dice: "La publicación que tiene entre sus manos, es fruto de la experiencia acumulada durante el trabajo realizado por el grupo de divulgación

del Departamento de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Desde el inicio, nuestras actividades han sido realizadas bajo la convicción de que esta comunidad es una comunidad viva, en la cual existen diferentes opiniones y surgen nuevas ideas sobre el quehacer científico, que la mayoría de las veces mueren sin haber encontrado un adecuado foro de discusión.

“Por otra parte, hay entre los estudiantes una gran desorientación y muchos de los aspectos relacionados con ésta, reduciéndose su vida académica y su capacidad crítica con mucha frecuencia, a la que se da en los salones clase. Es nuestra opinión que esta vida académica debe enriquecerse, dando oportunidad a la circulación y al debate de todas las ideas.

“El boletín tiene por objeto contribuir a la creación de una vida académica más amplia e intensa, que permita a los estudiantes de física ir formando su criterio sobre la profesión que han elegido.

“Durante su primera etapa este boletín será bimestral, encontrándose en sus páginas principalmente tres tipos de material: información académica, temas de divulgación y artículos de controversia.

“Por último, quisiéramos expresar que probablemente este proyecto sea demasiado ambicioso para nuestras fuerzas y recursos, pero esperamos que el entusiasmo que hemos puesto en él, junto con los compañeros de comunicación gráfica, pero sobre todo con la colaboración de Ud., con críticas, sugerencias y artículos, lo lleven adelante.”

Como editores de primer número aparecen Humberto Arce, Germinal Cocho y Rafael Pérez Pascual. Posteriormente, aparecen como editores, además de Humberto Arce, Sergio A. Ortiz R. y Víctor Rodríguez, y quienes aparecían como editores están en la comisión editorial.

Sin lugar a dudas, el *Boletín de Difusión* es el antecedente de la revista *Ciencias*, de la que hablaremos más adelante, la revista actual de divulgación de la Facultad de Ciencias de la UNAM, en la cual participan Humberto Arce, Germinal Cocho y Rafael Pérez Pascual, además de Ana María Cetto y Luis de la Peña. Lo anterior demuestra el interés de este grupo de hacer llegar la ciencia y la técnica a la sociedad y de que la ciencia no permanezca aislada para el resto de la sociedad, para lo cual añadiríamos debe salir de las universidades, es decir, hay que hacer divulgación fuera de la Facultad de Ciencias de la UNAM y, por

supuesto, dentro de ella, labor que parece abandonada (la materia de divulgación de la ciencia es tan poco importante que en ocasiones no se imparte, a pesar de que puede ser una fuente de trabajo importante para muchos físicos).

En septiembre de 1980, ocurrió otro acontecimiento de gran relevancia para las revistas de divulgación de la ciencia nacionales, surgió la revista *Chispa*, dirigida desde el principio hasta el final por Guillermo Fernández de la Garza, la primera revista de divulgación de la ciencia en Latinoamérica dirigida a los niños, la población mayoritaria del país.

En su primer editorial rezaba: “Hola amigos. Soy *Chispa*, la única revista pensada y hecha especialmente para ti, que deseas vivir nuevas y apasionantes aventuras, hacer curiosos experimentos y originales descubrimientos.

“Muchas personas han trabajado en mi preparación: hombres de ciencia, educadores, artistas, padres y jóvenes como tú.

“¡Sí! Tú también puedes colaborar en mi preparación diciéndome lo que te interesa y lo que te gustaría encontrar en mis siguientes números.

“También puedes ayudarme dándome a conocer a tus amigos, a tus padres y a tus maestros, para que —entre todos— con alegría y entusiasmo, mejoremos mi presentación y mi contenido.

“Cada mes encontrarás en mis páginas entretenidos relatos, juegos divertidos, carteles a todo color y, sobre todo, la invitación a participar en la experiencia de conocer el fascinante mundo que nos rodea.”

La primera editora fue Susana Buyo, con el excelente diseño de Peggy Espinosa. Posteriormente, entre otros, estuvieron como editores: Guadalupe Zamarrón Garza (otra pionera de la divulgación de la ciencia), Julieta Montelongo (gran periodista, creadora de otras revistas de divulgación y que la sostuvo durante muchos años), Horacio García Fernández (otro pionero de la divulgación y de la enseñanza de la ciencia, y la química en particular, que le dio su carácter social), luego otra vez Julieta Montelongo y, al final, Rosario Fernández.

Muchos niños estudiaron ciencia gracias a que leían *Chispa*, otros le perdieron el miedo gracias a la revista, otros disfrutaron de la ciencia con su lectura, otros se iniciaron como escritores, otros como grandes ilustradores y pintores, otros como educadores. Otros fueron grandes diseñadores y algunos se hicieron grandes divulgadores, así como administradores,

empresarios, psicólogos y hasta funcionarios y políticos. La divulgación de la ciencia llega a todos los campos.

Otras revistas similares a *Chispa*, pero que duraron poco tiempo fueron: *Colibrí*, *Chachalaca* e *Ingenio*.

En octubre-noviembre de 1980, aparece la revista bimestral *Avance y Perspectiva* (y posteriormente trimestral), del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). En su primer número aparece como director Manuel V. Ortega, es esa época director del Cinvestav; en el Consejo editorial están: Carlos Chimal, Arturo Piera y Carlos R. Ramírez Villaseñor (quienes iniciaron la revista) y en el Diseño; Jorge Ramírez y Juan Latapí. En la carta del director del primer número se señala: “Con este número se inicia un nuevo mecanismo para que los miembros de nuestro Centro se comuniquen entre sí y con el exterior. Nace a los 19 años de haber sido creado el Centro y al cumplirse el segundo aniversario de la presente administración. Viene a llenar una necesidad urgente, ya que es preciso que todos los que laboramos en el Centro nos identifiquemos plenamente con nuestra institución...”. Se trata de una revista de divulgación de la ciencia para universitarios, que durante su primera época fue dirigida por Enrique Campesino Romeo y Miguel Ángel Pérez Angón, con la colaboración de Carlos Chimal, destacado escritor y divulgador de la ciencia, quien se desempeñó durante varios años como asistente editorial de la misma. *Avance y Perspectiva* continúa saliendo en la actualidad, bajo la dirección de Susana Quintana y como coordinadora editorial está Martha Aldape de Navarro. Actualmente tiene una periodicidad trimestral y un tiraje de 8,000 ejemplares, de los cuales se regalan los de la comunidad del Cinvestav. Así que hoy, 2003, la revista tiene 23 años de antigüedad.

En enero-febrero de 1982, surge la revista *Ciencias*, de la Facultad de Ciencias de la UNAM. En ella, aparecen en el primer número, al igual que en el *Boletín de difusión*, como Comisión editorial: Rafael Pérez Pascual, Germinal Cocho y Humberto Arce, y como editores: Rosa Irma Trejo, Víctor Rodríguez y Humberto Arce. Además, en la Coordinación gráfica están: Sergio Ortiz y Moisés Robles. Los reportajes están a cargo de Ernesto Márquez. El diseño y la coordinación técnica: Isauro Uribe y la corrección de estilo: Víctor Magdaleno.

Al presentar el primer número los editores señalan:

“Al presentar ante ustedes el primer número de la revista *Ciencias*, hemos querido dar un vistazo al pasado de la Facultad, en busca de antecedentes de una publicación que tuviese inquietudes semejantes a las que hoy tenemos.

“Gracias a esa investigación —necesariamente superficial— hemos encontrado que durante 1973-1974, existió una publicación llamada *Revista de la Facultad de Ciencias* a través de la cual un grupo de compañeros —entre los que destacaba Luis Fueyo MacDonald y Jaime T. Garrido— impulsaron la divulgación de temas científicos y la discusión de diversos tópicos, tales como: Ciencia ¿para qué y para quién?, contaminación y otros más. Esta publicación se imprimía en mimeógrafo y era distribuida por los editores al precio de un peso.

“En el trabajo iniciado por aquellos compañeros encontramos una razón, entre muchas otras de nuestra labor con esta nueva publicación, *Ciencias*. No sólo por ser necesaria la rediscusión de la problemática antes mencionada sino porque han surgido, en el curso de estos años, nuevos problemas relacionados con la ciencia. Problemas como la crisis energética, la extinción de especies, la crisis alimentaria, etc. Es indispensable, por otra parte, la difusión de una serie de conocimientos que no se abordan en el salón de clase.

“Debemos decir que para realizar esta publicación no tenemos que enfrentar las mismas dificultades que la *Revista de la Facultad de Ciencias*, pues desde 1976 se cuenta con algunos recursos para la tarea de divulgación en el Departamento de Física, así como la existencia —a últimas fechas— de un aparato de publicaciones a nivel de la Facultad.

“Sin embargo, en los Departamentos de Matemáticas y Biología, todavía no existe apoyo para la divulgación, por lo que la transformación del *Boletín de Difusión* (1979-1980), en el que se trataban temas principalmente de Física, en la revista *Ciencias*, se ha logrado con base en la colaboración voluntaria de compañeros estudiantes y profesores, de biología y matemáticas.

“Estamos seguros de que esta labor no caerá en el vacío y que podemos, con ayuda de ustedes, elevar nuestro nivel de discusión y conocimiento, así como tender un puente entre maestros, estudiantes e investigadores de las diversas escuelas de ciencias del país.”

El tema de portada de este primer número era el Debate nuclear en México, que desembocaría años más tarde en la cancelación del programa nuclear y la construcción de

una sola planta nucleoelectrica en Laguna Verde, Veracruz, dado el peligro potencial que representan los desechos nucleares.

La revista *Ciencias*, cuyo antecedente directo es el *Boletín de Difusión*, demuestra que los físicos fueron los que tuvieron la iniciativa de sacarla adelante, al igual que ocurrió con la revista *Naturaleza*; lo anterior, demuestra que los físicos han desempeñado un papel fundamental en la creación de publicaciones de divulgación de la ciencia, sobre todo alrededor de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Las razones de ello pueden ser muchas y no es el objetivo de este trabajo analizarlas. Lo anterior no le quita méritos al trabajo de biólogos, químicos, médicos, comunicadores, ingenieros y matemáticos, así como profesionales de otras disciplinas, cuyo trabajo en las revistas de divulgación es y ha sido igualmente importante.

En la revista *Ciencias* ha habido una estructura general formada por la Comisión Editorial, integrada por: Rafael Pérez Pascual, Germinal Cocho, Jorge Soberón, Elisa Viso, Jorge González, José Seade, y en la época actual además de los cuatro primeros, aparecen Alfredo López Austin, Arnoldo Kraus, León Olivé y Carlos Vázquez Yanes. Como directores de la revista has estado a lo largo de casi toda su historia Humberto Arce, primero, y posteriormente, Patricia Magaña, hasta la fecha. Como editores, entre otros, han estado: Humberto Arce, Patricia Magaña, Moisés Robles, Silvia Torres, Alba Rojo, Ruán Almeida y César Carrillo Trueba (éste último hasta la época actual). Como Asistentes editoriales están actualmente: Nina Hinke y Mónica Benítez. Hay que hacer notar el cambio en la presentación grafica de la revista que le dieron diseñadoras como Adriana Canales y Azul Morris. Vale la pena señalar que la revista *Ciencias* lleva más de 20 años de salir casi ininterrumpidamente y ha evolucionado de una revista poco atractiva visualmente hablando hasta una de las mejores revistas en cuanto a diseño; sus contenidos han tenido una calidad constante; aquí se cumple la afirmación de "no es lo mismo los Tres mosqueteros que Veinte años después", pero a la inversa, cualidad que deberían tener todas las revistas de divulgación. Ambas características la han hecho merecedora de varias distinciones, entre las que destaca el Premio Nacional de Ciencias.

En enero-marzo de 1984 surge otra revista de divulgación de la ciencia: *Contactos*, revista de educación en ciencias e ingeniería, de la Universidad Autónoma Metropolitana, bajo la dirección de Jorge Barojas y Juan Quintanilla, ambos físicos. Cabe destacar que

Jorge Barojas había sido parte de equipo de la revista *Física* que posteriormente se convertiría en *Naturaleza*. A pesar de que *Contactos* se definía como una revista de educación en ciencias, contenía varios artículos de divulgación para nivel superior, aunque la mayoría de sus artículos eran de enseñanza formal de ciencias para el nivel superior.

En otoño de 1994, se publica la revista *Gyros*, de la Unidad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, bajo la dirección de Juan Casillas García de León.

En julio-septiembre de 1984, aparece *Prisma Científico*, publicación trimestral de la Asociación Mexicana de Periodismo Científico (AMPECI), bajo la Coordinación editorial de José de la Herrán (presidente de la AMPECI), Rocío Incera y Juan Tonda.

En octubre-diciembre de 1984 surge *Elementos*, revista trimestral del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), dirigida por Jesús Mendoza y Jorge Barona. Otra publicación pionera de la divulgación que sigue apareciendo hasta la fecha y que durante los últimos años dirige Enrique Soto Eguibar.

En febrero-marzo de 1985 aparece *Ser Ahí en el Mundo*, revista de divulgación de la Universidad Autónoma de Baja California, bajo la Coordinación editorial de Georgina Walther Cuevas, como asistente, Luz María Ortega Villa y como reporteros, Julieta Montelongo (antes editora de *Chispa*) y Gabriel Benítez. Vale la pena mencionar que en esa época era director general de Extensión Universitaria de la UABC, Luis Lloréns Báez, quien más tarde le daría apoyo a las publicaciones de divulgación, dado que más tarde surgirían gracias a su apoyo. En marzo-abril de 1990 surge *ConCiencia*, dirigida por Fernando Rojas Iñiguez (también físico) y, más tarde, Alfonso Esparza Betancourt; en ella participarían divulgadoras de la física y las matemáticas como Gloria Rubí y Silvia Gómez. Más tarde *ConCiencia*, bajo la rectoría de Luis Lloréns, se transformaría en 1992 en cuatro revistas, una de ellas de divulgación de la ciencia: *Divulgare*, dirigidas por Norma Herrera (*Yubai*, revista de humanidades, *Semillero*, revista de ciencias sociales y *Paradigma*, de las áreas económico-administrativas). También en 1990 surge *Sonora: Ciencia y Tecnología*, revista de la Universidad de Sonora y el Instituto Sonorense de Cultura, dirigida por Roberto Jiménez Ornelas (coordinador), Pedro Ortega Romero y Darío Galaviz Quezada, que aparecen como Consejo Editorial de la misma.

En Xalapa, Veracruz, aparece *La Ciencia y el Hombre*, publicación cuatrimestral, de la Universidad Veracruzana, dirigida actualmente por Rafael Bullé-Goyri Minter, que se publica desde 1988.

En julio-agosto de 1987 la empresa que edita *Chispa* (Innovación y Comunicación, bajo la gerencia de Carlos Pulido) saca una nueva revista de divulgación de la ciencia bimestral, *Creatividad*, para el Consejo Nacional de Atención de Recursos para la Juventud (CREA), durante la administración de José Ramón Martel, bajo la dirección de Juan Tonda, como asistente Tedy López Mills, en la jefatura de redacción está Juan Manuel Valero y en la redacción, Gloria Valek, así como Roberto Sayavedra Guillén, en la producción, y Rebeca Cerda, en el diseño. Publicación que desaparece después de unos cuantos números por falta de apoyo económico.

En Morelia, Michoacán, se publican o han publicado varias revistas de divulgación entre las que pueden mencionarse *Tzin Tzun*, *Ciencia Nicolaita*, *El Barco de Papel*, y *Universidad Michoacana*; esta última revista trimestral de ciencia, arte y cultura, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, que apareció en julio-septiembre de 1992, bajo la dirección de Gerardo Sánchez Díaz. Posteriormente aparece *Método Científico*, dirigida por Gerardo Morán López, revista independiente. En diciembre de 2003 aparece la revista de divulgación de la ciencia *Carisma de la ciencia*, dirigida por José Fernando Rodríguez Saucedo, de la UMSNH.

El CONACYT publica *TecnoIndustria*, revista bimestral dedicada al desarrollo tecnológico y a la vinculación investigación básica y aplicada y los sectores productivos, dirigida por Luis Guevara.

En San Luis Potosí, se publica *El Cronopio*, publicación semestral de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, dirigida por José de Refugio Martínez (alrededor de 1994) y el junio de 1998 aparece el boletín semanal *La ciencia en San Luis*, también editado por José de Refugio Martínez. En Zacatecas, *El Espejo*. En la Universidad Autónoma de Guadalajara, en Jalisco, aparece *Tiempos de Ciencia*.

El Instituto Politécnico Nacional (IPN), publica *Investigación Hoy* (alrededor de 1991), a cargo de Jesús Mendoza, que en 2001 se transforma en la excelente revista de divulgación *Conversus* (donde la ciencia se convierte en cultura), también dirigida editorialmente por Jesús Mendoza y en la que colabora un grupo importante de divulgadores mexicanos:

Octavio Plaisant Zendejas, José Luis Carrillo, Daniel Chávez Fragoso y Claudia Loaiza, por mencionar solo algunos, bajo la dirección general de María Teresa Calderón López.. La Universidad Autónoma del Estado de México, edita *Ciencia Ergo Sum*, en 1994, bajo la dirección de Eduardo Loría. La Universidad Autónoma de Nuevo León, edita su excelente revista trimestral *Ciencia UANL*, desde 1999 (o 1998), bajo la dirección editorial de Fernando J. Elizondo Garza.

Posteriormente, en diciembre de 1998, aparece *¿Cómo ves?*, revista de divulgación de la ciencia para jóvenes, de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, de la UNAM, publicación que tuve el honor de fundar con el apoyo de José Antonio Chamizo, Jesús Valdés y Gerardo Dorantes, y actualmente, con el de Julieta Fierro y Julia Tagüeña (y hasta hace un año, desgraciadamente, con el apoyo incondicional de Miguel Ángel Herrera, gran divulgador de la ciencia y excelente amigo). Dirigida desde su creación por Estrella Burgos, y un excelente equipo editorial en el que participan Isabel Marmasse, Gloria Valek, Martha Duhne y Athenays Castro. *¿Cómo ves?* ha circulado por toda la República, Centroamérica, algunas ciudades de EE.UU. y, recientemente, obtuvo el Premio de la Red de Popularización de la Ciencia para América Latina y el Caribe (Red Pop) 2002. *¿Cómo ves?* tiene un tiraje de 17,000 ejemplares y es la revista más vendida de la UNAM.

La revista *Ciencia*, de la Academia Mexicana de Ciencias, entra en una nueva época en octubre-diciembre de 2001, y cambia para hacerse más accesible a los lectores con educación superior y media superior, bajo la dirección editorial de Miguel Pérez de la Mora, y siendo presidente de la Academia Mexicana de Ciencias, René Drucker Colín, y vicepresidente, José Antonio de la Peña (cabe señalar que *Ciencia* se fundó en 1943, aunque se ha caracterizado en su época anterior, a pesar de tener artículos de divulgación, como una revista especializada). Posteriormente, en 2002, se funda *Hypatia de Alejandría*, de la Universidad Autónoma de Saltillo. En Morelos aparece otra *Hypatia*, también de divulgación de la ciencia, apoyada por el Gobierno del Estado de Morelos. La Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM, dirigida por René Drucker Colín, edita *El Faro*, desde abril del 2001, bajo la dirección editorial de Patricia de la Peña Sobarzo. En el invierno de 2002 apareció la revista *Divulgación*, del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango.

Entre las revistas de divulgación de la ciencia traducidas o adaptadas de España, Francia y Alemania, destacan las revistas *Muy Interesante*, *Conozca Más*, *Discover* y *Newton*, entre otras, todas ellas con una gran distribución nacional e internacional, bajo el apoyo de grandes empresas como Televisa.

Recientemente, apareció la versión primero latinoamericana del *Scientific American* (llamada *Scientific American Latinoamérica*), cuya versión anterior traducida en España, se llama *Investigación y Ciencia*, que se publica y trae a México desde hace muchos años, al igual que la versión española de *La Recherche*, que se llama *Mundo Científico*.

En 2002, la versión latinoamericana de *Scientific American*, se transforma en *Scientific American México*, dirigida por Eric Felter (editada primero por Jesús Mendoza, posteriormente por Enrique Gánem y, después, Yuri Hueda Tanabe fue la editora, Horacio García, el encargado de la edición de proyectos especiales, y la asistente editorial, Alicia García Bergua (encargada años antes de la redacción de *Naturaleza*). Fue una traducción de *Scientific American* con colaboraciones de investigadores, maestros de ciencia y divulgadores mexicanos.

En agosto de 2003 aparece la revista mensual de divulgación para niños *Exploraciones*, bajo la dirección de Horacio García, quien fuera editor de *Chispa* durante muchos años. *Exploraciones* proviene de la revista del *Scientific American* para niños: *Explorations* (que hace unos años cerró sus páginas por falta de apoyo económico) e incluye traducciones de la misma y colaboraciones originales mexicanas; pretende convertirse en el corto plazo en un revista de divulgación para niños hecha totalmente en México.

Poco después, *Ciencia y Desarrollo*, publica por primera vez un suplemento de divulgación de ciencia infantil de ciencia, llamado *Helix*, dirigido por Roberto Sayavedra (colaborador incansable de *Chispa* y creador del Tío Bolita, una página de experimentos científicos muy exitosa de la misma revista), quien se encarga nuevamente de divulgar la ciencia a los niños bajo un nuevo esquema de revista infantil que responde a un tema de ciencia con las preguntas: qué, por qué, cómo y qué pasaría si..., lo cual proporciona una imagen integral del conocimiento científico sobre un tema particular de ciencia.

Desafortunadamente, por problemas administrativos y causas ajenas a la divulgación, las revistas *Scientific American México* y *Exploraciones* (sólo publicó un número) cerraron en agosto de 2003.

A finales de 2003, aparece la revista *Carisma de la Ciencia*, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, dirigida por José Fernando Rodríguez Saucedo, Jefe del Departamento de Comunicación de la Ciencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Y a principios de 2004 aparece la revista trimestral *Pensar. Revista latinoamericana para la ciencia y la razón*, dirigida por Alejandro Borgo, y en la que participa en el comité editorial Mario Méndez Acosta, por México, presidente de la Sociedad Mexicana de Escépticos y destacado divulgador de la ciencia.

Por otro lado, hay que destacar que sobre una disciplina en particular existen gran cantidad de revistas de divulgación. En 1968, la *Revista Matemática*, de la Sociedad Matemática Mexicana, incorpora artículos de divulgación. Otros esfuerzos importantes son *Cuadernos de Nutrición, Técnica Pequera, México Forestal, Energía y Biología*, así como el *Boletín del CEDIAC* (Centro de Divulgación de la Ciencia del Estado de Morelos). En astronomía, por ejemplo, están la revista *El Universo*, de la Sociedad Astronómica de México y el *Boletín Orión*, del Instituto de Astronomía de la UNAM; el boletín *Matemáticas para todos*, del Fondo Mexicano para la Educación y el Desarrollo, por mencionar solo algunas. En el Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia de la UNAM, se edita el boletín *Prenci*; más tarde, el boletín *En la ciencia*, y posteriormente, en la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, de la UNAM, *Elaboratorio* y, actualmente, *El Muégano Divulgador*.

En relación con las revistas electrónicas de divulgación mencionaré algunas, dado que la lista es muy larga y escapa a los objetivos de este trabajo. En primer lugar está *Aleph Zero*, la primera revista electrónica de divulgación de América Latina, que apareció en agosto de 1995, gracias al equipo formado por Miguel Ángel Méndez, Orlando Guzmán, Félix Ares, Patricia Linn y Silvia Hidalgo Tobón, de la Universidad de las Américas y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. La revista sigue apareciendo y puede consultarse en: <http://aleph.cs.buap.mx>.

Otras revistas o boletines de divulgación de la ciencia electrónicos son: *Meteorito*, del Centro de Ciencias de Sinaloa (en Culiacán), <http://www.ccs.net.mx/meteorito/>. La Gaceta del CICESE, de Ensenada, que dirige Norma Herrera, llamada *TODO@CICESE*, que puede consultarse en: <http://gaceta.cicese.mx>. Recientemente, septiembre de 2003, la Universidad Veracruzana dio a conocer su excelente revista de divulgación electrónica,

Arte Ciencia Luz, e-zine divulgación, dirigida por Porfirio Carrillo, que puede consultarse en: <http://www.uv.mx/acl>.

También otras páginas electrónicas relacionadas con divulgación y educación de la ciencia que pueden consultarse son: la excelente página de la Academia Mexicana de Ciencias (<http://www.amc.unam.mx>), Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM (<http://www.dgdc.unam.mx>), Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT) (<http://www.somedicyt.org.mx>), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (<http://www.conacyt.mx>), SEPiensa (<http://www.sepiensa.org.mx>) y el portal de Enciclomedia (<http://enciclomedia.ilce.edu.mx>).

Además debe mencionarse que muchas de las revistas de divulgación mexicanas pueden consultarse en su versión electrónica

Hasta aquí dejaremos un panorama general de las revistas de divulgación de la ciencia que no pretende ser exhaustivo.

Si hacemos un análisis de las revistas de divulgación mexicanas, a manera de resumen, podemos concluir lo siguiente:

a) El papel que han desempeñado los físicos en el desarrollo de la divulgación científica y técnica ha sido de gran relevancia, como lo demuestra la creación de varias revistas. Ya mencionamos *Física, Naturaleza*, el *Boletín de Difusión*, y *Ciencias*, todas ellas de la UNAM. Pero habría que añadir a la lista, *Chispa*, cuyo director además de ingeniero era físico (además de algunos colaboradores), *Contactos*, *Avance* y *Perspectiva*, *El Cronopio* y *ConCiencia*, entre otras. Y aquí no podemos dejar de mencionar la labor de divulgación de los institutos de Astronomía, Física y Geofísica de la UNAM, así como la Facultad de Ciencias de la UNAM, de donde han surgido divulgadores de la ciencia de gran calidad.

b) Existen muchas revistas de divulgación de la ciencia, sobre todo en las principales universidades del país, las cuales están dirigidas, en su mayoría, a estudiantes, maestros o investigadores universitarios, lo cual demuestra que las universidades son la cuna de la divulgación de la ciencia en México, aunque existen esfuerzos importantes de comunicadores y periodistas en otros ámbitos. Sin embargo, muchas de estas revistas están en la frontera entre la divulgación y difusión de la investigación (en algunos casos, los propios editores no saben distinguir entre una revista de difusión de los resultados de una

investigación y una de divulgación). Por ello, son sólo accesibles a lectores con una preparación de educación superior y, en algunos casos, media superior.

c) El tiraje y ventas de estas revistas es un indicador del público al que se dirigen, en ningún caso sobrepasa los 20,000 ejemplares, lo cual contrasta con revistas comerciales de divulgación traducidas, como *Muy Interesante*, con tirajes de alrededor de 200,000 ejemplares. Para comprender lo anterior, hay que considerar que vivimos en un país de 104 millones de habitantes. Difícilmente, el tiraje de todas las revistas de divulgación mencionadas y aquellas que no se han incluido supera el tiraje de una sola revista *Muy Interesante*. Aquí es fundamental la posición del gobierno y las autoridades educativas, así como los empresarios mexicanos para que las revistas de divulgación lleguen a amplios sectores de la población. El camino del mínimo esfuerzo y de las grandes ganancias a corto plazo es el que menos frutos rinde para la educación científica del país. La desinformación para grandes sectores de la población no beneficia una cultura científica del país.

d) Actualmente, las revistas de divulgación de la ciencia deben centrar sus objetivos en llegar a la mayoría de la población mexicana, sobre todo entre la población de educación básica y media donde existen muy pocas revistas de divulgación (en el caso de los niños no existe ninguna). También es necesario que existan publicaciones de divulgación para el público adulto que posee una educación básica o carece de ella. La mayoría de las publicaciones de divulgación están dirigidas al sector con educación superior, que es de gran importancia, sobre todo en el terreno de la educación formal, para colaborar en la creación de una cultura científica.

e) Las revistas de divulgación de la ciencia no pueden ser autosuficientes en el corto plazo, así que requieren un apoyo gubernamental o privado de cuando menos dos años, mientras se colocan en el mercado comercial.

En este sentido la iniciativa del CONACYT de crear un Índice mexicano de revistas de divulgación de la ciencia (en proyecto en 2003), en el cual después de una evaluación periódica, pueda otorgárseles apoyo económico, representa un acierto, siempre y cuando la evaluación de las revistas la realicen junto con el Consejo, los divulgadores.

f) La calidad de las revistas de divulgación no depende únicamente de los contenidos científicos, sino de la calidad en muchos otros aspectos como el diseño, la fotografía, las ilustraciones, los diagramas, la escritura de los artículos, el nivel adecuado para los lectores,

la distribución, entre otros. La calidad de una revista de divulgación depende tanto de los recursos económicos como de la creación de un equipo interdisciplinario que la produzca, así como de la pertinencia de la misma.

Revistas de divulgación de la ciencia mexicanas

<i>Física*</i>	Asociac. para la Div. Cientif. H. A. Lorentz
<i>Naturaleza*</i>	ADCHAL y UNAM
<i>Ciencia y Desarrollo</i>	CONACYT
<i>Información Científica y Tec.*</i>	CONACYT
<i>Boletín de Difusión*</i>	Facultad de Ciencias, UNAM
<i>Chispa*</i>	Innovación y Comunicación
<i>Avance y Perspectiva</i>	CIVESTAV-IPN
<i>Ciencias</i>	Facultad de Ciencia, UNAM
<i>Contactos*</i>	UAM-Iztapalapa
<i>Prisma Científico*</i>	AMPECI
<i>Elementos</i>	Universidad Autónoma de Puebla
<i>Ser Ahí en el Mundo*</i>	Universidad Autónoma de Baja California
<i>ConCiencia*</i>	Universidad Autónoma de Baja California
<i>Divulgare**</i>	Universidad Autónoma de Baja California
<i>Sonora: Ciencia y Tecnología*</i>	Universidad de Sonora
<i>La Ciencia y el Hombre</i>	Universidad Veracruzana
<i>Creatividad*</i>	CREA
<i>Tzin Tzun*</i>	Morelia, Michoacán
<i>Ciencia Nicolaita**</i>	Universidad Mich. de San Nicolás de Hidalgo
<i>El Barco de Papel**</i>	Morelia, Michoacán
<i>Universidad Michoacana</i>	UMSNH
<i>Método Científico**</i>	Morelia, Michoacán
<i>TecnoIndustria*</i>	CONACYT
<i>Gyros**</i>	UAM-Atzacapotzalco
<i>El Cronopio</i>	Universidad Autónoma de San Luis Potosí

<i>La Ciencia en San Luis**</i>	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
<i>El Espejo**</i>	Zacatecas, Zacatecas
<i>Tiempos de Ciencia*</i>	Universidad de Guadalajara
<i>Investigación Hoy*</i>	IPN
<i>Conversus</i>	IPN
<i>Ciencia Ergo Sum</i>	Universidad Autónoma del Estado de México
<i>Ciencia UANL</i>	Universidad Autónoma de Nuevo León
<i>¿Cómo ves?</i>	DGDC-UNAM
<i>Ciencia</i>	Academia Mexicana de Ciencias
<i>Hypatia de Alejandría</i>	Universidad Autónoma de Saltillo
<i>Hypatia**</i>	Gobierno del Estado de Morelos
<i>El Faro</i>	Coordinación de la Invest. Científ., UNAM
<i>Divulgación</i>	Consejo de C. Y T. Del Estado de Durango
<i>Scientific American Latinoamer.*</i>	<i>Scientific American</i>
<i>Scientific American México*</i>	<i>Scientific American</i>
<i>Exploraciones</i>	<i>Scientific American</i> y Ciencia y Comunidad
<i>Helix</i>	CONACYT
<i>Carisma de la Ciencia</i>	Universidad Mich. de San Nicolás de Hidalgo
<i>Pensar</i>	Sociedades de escépticos latinoamericanos

* Revistas que ya no se publican.

** No se sabe si se siguen publicando.

Nota: La lista de revistas no es exhaustiva, aunque sí proporciona un panorama más o menos completo de las revistas de divulgación mexicanas representativas.

3.2 Libros de divulgación

Durante la mayor parte del siglo XX (hasta la década de los setenta) los libros de divulgación de la ciencia eran fundamentalmente traducciones de libros de divulgación de la ciencia escritos por investigadores, maestros de ciencia o divulgadores extranjeros, reconocidos internacionalmente. Y existían esfuerzos aislados de libros de divulgación de la

ciencia publicados por mexicanos, por ejemplo, como señalamos anteriormente, el libro *Física para niños*, de Luis G. León, publicado en 1911, integrado por experimentos de física. Destacan los Breviarios del Fondo de Cultura Económica, en los que se publicaron las divertidas aventuras del señor Tompkins de George Gamow, en dos espléndidos libros de divulgación *La investigación del átomo* y *En el país de las maravillas*, publicados en 1956 (originalmente en 1944). Dentro de los brevariarios se publicaron otros temas de física, como *La física del siglo XX*, de P. Jordan, *La estructura del universo*, de G. J. Whitrow, *Historia de la física*, de J. Jeans, *Historia de la astronomía*, de G. Abetti, *Los nombres de las estrellas*, de E. J. Webb y *El universo y el Dr. Einstein*, de L. Barnett, por mencionar algunos ejemplos. Otras editoriales que publicaron desde hace muchos años libros de divulgación y textos originales de los grandes científicos como Galileo, Kepler, Pascal y Einstein fueron Alianza Editorial, Siglo XXI, la UNAM y la Colección SEP Setentas, así como la editorial entonces soviética MIR. Aquí no puede dejar de mencionarse el libro *Física recreativa*, de Yákov Isidórovich Perelmán (publicado originalmente en ruso en 1913), así como muchos otros libros de Perelmán sobre matemáticas y astronomía recreativas. Perelmán, a través de problemas ingeniosos y experimentos caseros nos lleva por el mundo de la ciencia de una forma amena, divertida y enseñando a pensar. Hoy *Física recreativa* sigue siendo un clásico de la divulgación de la física, publicado en 1968. Cabe hacer notar que las ediciones de MIR se caracterizaron por ser ediciones muy baratas y accesibles para los estudiantes de educación media y superior, en una época de competencia entre la URSS y los EE.UU., en la que trataron de difundir la ciencia soviética.

De igual forma, a principios de la década de los setenta (del siglo XX), la editorial argentina EUDEBA (Editorial Universitaria de Buenos Aires) realizó gran cantidad de traducciones de obras originales de algunos de los grandes científicos modernos como Born y Einstein, algunos tomados de la gran colección de textos científicos de la editorial Dover (todos ellos con precios accesibles), así como libros de divulgación de la ciencia de todo tipo de temas. También editoriales españolas como Espasa Calpe o Salvat habían publicado obras originales de grandes científicos como Newton (en la Colección Austral de Espasa Calpe) o libros de divulgación de la ciencia. También durante esa época llegan a México las obras de uno de los divulgadores de la ciencia más prolíficos: Isaac Asimov (algunas publicadas en Alianza Editorial, como *Momentos estelares de la ciencia*, *Cien preguntas*

básicas sobre la ciencia, *El Universo*, *El electrón es zurdo*, *La tragedia de la Luna* o *La energía nuclear*) y uno de los principales escritores de ciencia ficción junto con Arthur C. Clarke, Ray Bradbury, Julio Verne, Aldoux Huxley y H. G. Wells (obras como *Yo, robot*, *2001: odisea en el espacio*, llevada a la pantalla por Stanley Kubrick, *Cuentos de la Taverna del Ciervo Blanco*, *Crónicas marcianas*, *De la Tierra a la Luna*, *Un mundo feliz* o *La guerra de los mundos*, resultan fundamentales).

Del propio Asimov he tomado la siguiente cita, que creo que resulta útil para aquellos físicos (o cualquier persona) que deseen escribir sobre divulgación de la ciencia:

“En definitiva, debo educarme a mí mismo, y siempre acabo sabiendo más cosas sobre cualquier tema después de haber escrito el ensayo que antes de empezar; esta autoeducación es un motivo permanente de placer para mí, porque cuanto más sé, más plena es mi vida y mejor aprecio mi propia existencia.

“Incluso cuando mi autoeducación resulta insuficiente, y cuando acabo entendiendo algo al revés, por descuido o por ignorancia, mis lectores tienen un carácter tal que siempre recibo cartas donde me explican mi error, cartas siempre corteses y a veces algo inseguras, como si el lector no pudiera creer realmente que yo estaba equivocado. También agradezco este tipo de educación. Quizá me ruborice, pero aprender es siempre algo que vale la pena.”³³

Fue en la década de los ochenta del siglo pasado que se empezaron a dar los primeros pasos para publicar libros de divulgación de la ciencia mexicanos, es decir, escritos por científicos mexicanos (en el amplio sentido de la palabra).

Como señalamos anteriormente la instalación de librerías de libros y revistas científicas y técnicas en todo el país, emprendida por el CONACYT, contribuyó a esta tarea, junto con el esfuerzo incansable de librerías como la Librería Bonilla, la Librería de Ciencias o la Librería Internacional, en la capital del país, surgidas muchos años antes y que pueden considerarse como la principal fuente de libros científicos y pioneras en cuanto a cultura científica y técnica. Además deben mencionarse las librerías del Fondo de Cultura Económica, El Correo de la SEP y las de la UNAM.

³³ Asimov, Isaac, “Mi escrito favorito”, Introducción al libro *La relatividad del error*, Planeta, México, 1989. Tomado de *El Muegano divulgador*, febrero-abril, 2003, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM (www.dgdc.unam.mx/muegano_divulgador).

En las librerías del CONACYT, alrededor de 20 en todo el país, se tenían publicaciones de ciencia escritas por primera vez por investigadores mexicanos como Leopoldo García-Colín o Eduardo Césarman, una antología sobre *Einstein*, el *Atlas Cósmico*, escritas por investigadores, profesores y divulgadores mexicanos, así como algunos clásicos de la divulgación como *Los Sonámbulos*, de Arthur Koestler, *La eterna trenza dorada: Gödel, Escher y Bach*, de Douglas Hofstadter, *Ensayo sobre las dos culturas*, de C. P. Snow, por mencionar solo algunos. A pesar de no tener un programa claro para la edición de publicaciones de divulgación, se trató de un esfuerzo loable de llevar la cultura científica a amplios sectores de la población. Inexplicablemente todas las librerías de publicaciones científicas cerraron, bajo el criterio de costo-beneficio contra el de educación científica y técnica, así como por la crisis económica por la que atravesaba el país. También en los ochenta Innovación y Comunicación, publicó la colección *Sepa de...*

En 1982, aparece en México, *Cosmos*, de Carl Sagan, una de las publicaciones de divulgación más conocidas en todo el mundo, junto con su serie de televisión. Carl Sagan es, sin lugar a dudas uno de los divulgadores más destacados a nivel mundial. Entre sus obras publicadas en español están: *La conexión cósmica* (1978), *Los dragones del Edén* (1979), *El cerebro de Broca* (1981), *Cometa* (1986), *El frío y las tinieblas* (1986), *Contacto* (1986), *Sombras de antepasados olvidados* (1993), *Vida inteligente en el espacio* (1996), *Un punto azul pálido* (1995), *Miles de millones. Pensamientos de vida y muerte en la antesala del milenio* (1995) y *El mundo y sus demonios* (1997).

En 1985 aparece la primera colección de libros de divulgación de la ciencia escrita por investigadores, maestros y divulgadores mexicanos: *Viajeros del conocimiento*, de la editorial Pangea (en su primera época se llamó Gatopardo), bajo la dirección de Victoria Schussheim, gran editora y divulgadora de la ciencia que ha luchado contra los molinos de viento de la lectura de ciencia mexicana. *Viajeros del conocimiento* es una colección de biografías de los grandes científicos, en la que se incluyen pequeños extractos de las obras originales, comentados por los autores; antes de esa fecha sólo se tenía la excelente antología *Biografía de la ciencia*, con textos originales, editada por el Fondo de Cultura Económica (que inexplicablemente ya no se ha reeditado). Con *Viajeros del conocimiento*, por primera vez se podía conocer la vida y obra de los científicos de todas las épocas. Con alrededor de 40 biografías se tienen libros de *Arquímedes* de Juan Tonda, *Euclides* de

Tomás Granados, *Copérnico* de Sergio de Régules, *Descartes* de Alejandro Valles, *Galileo* de Abraham Nosnik, Irene Cruz y Elsa Recillas, *Brahe* de Alejandro Schmidt, *Kepler* de Rafael Martínez, *Newton* de Bram de Swaan, *Joseph-Louis Gay-Lussac* de Martín Bonfil, *Pascal* de Bram de Swaan, *Herchel* de Estrella Burgos, *Gauss* de Francisco Noreña, *Maxwell* de Bram de Swaan, *Einstein* de Bram de Swann, *Russell* de Elisa Bonilla, *Edison* de Roberto Sayavedra o *Madame Curie* de Horacio García, por mencionar sólo los relacionados con física y matemáticas.

En la contraportada de Viajeros del conocimiento se lee: "Nadie duda que la ciencia es importante para el progreso de la humanidad; lo que casi nunca nos dicen es que también es sumamente divertida. La historia de la investigación científica es tan apasionante como una buena novela de misterio o una película de vaqueros. Sólo que el malvado es la ignorancia, el villano la incompreensión."

Poco después Pangea también editó otra colección de divulgación de la ciencia: Los señores..., también escrita por divulgadores mexicanos, sobre los conocimientos científicos y técnicos de nuestros antepasados prehispánicos. Entre los títulos están *Los señores del cero*, *Los señores del tiempo*, *Los señores del maíz* y *Los señores de los metales*, por mencionar algunos.

En 1986, aparece la Colección Ciencia. Imágenes de la Naturaleza, dirigida por Luis Estrada, editada por el Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia de la UNAM y la Dirección General de Publicaciones y Medios de la SEP, así como en Consejo Nacional de Fomento Educativo. Aunque de vida efímera, se publicaron alrededor de 10 títulos de divulgación, entre ellos están: *Los plásticos* de Carlos E. Rangel Nafaile, *Geografía de la vida* de Edna Hentschel Ariza, *La radiación* de María Ester Brandan *Insectos y plantas* de Rodolfo Dirzo, *Minerales y rocas* de Juan Manuel Espíndola y *Las huellas de la vida* de Juan Manuel Malda (con un tiraje de 10,000 ejemplares). Dicha colección contó con la asesoría de Julieta Fierro, Julia Tagüña, Rodolfo Dirzo y Servando de la Cruz. La coordinación editorial estuvo a cargo de dos excelentes divulgadores: Luci Cruz Wilson y Carlos López Beltrán. Más tarde, dicha colección pasó a formar parte de Siglo XXI Editores y se publicaron títulos como *Un poco de química*, de Nemesio Chávez Arredondo y *Un planeta mutable*, de Francisco Medina Martínez, y se sumaron a la coordinación editorial, además de los anteriores, Ana María Sánchez, Carlos Chimal y Estrella Burgos.

También, en 1986, aparece una de las colecciones más importantes de divulgación de la ciencia de México y Latinoamérica: La Ciencia desde México, que recientemente, se convirtió en La Ciencia para Todos, editada por el Fondo de Cultura Económica con el apoyo del CONACYT y la SEP. La colección fue creada por la física Alejandra Jaidar, destacada divulgadora que participó en el Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia y trabajó en el área de física experimental del Instituto de Física de la UNAM. Alejandra Jaidar además fue junto con otros 18 divulgadores fundadora de la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT), en 1986. Pocos años después falleció. Y en su honor, el Premio Nacional de Divulgación de la Ciencia lleva su nombre.

Pero no sólo Alejandra Jaidar participaría en La Ciencia desde México, otra destacada promotora de la divulgación de la ciencia en México, María del Carmen Farías, también fundadora de la SOMEDICYT, se encargó desde sus inicios hasta el día de hoy de la coordinación editorial, junto con Marco Antonio Pulido.

En la hoy Ciencia para Todos han escrito los principales investigadores y maestros de ciencia mexicanos, algunos de los cuales son hoy divulgadores profesionales, así como recientemente investigadores latinoamericanos. Muchos investigadores han descubierto sus capacidades como divulgadores gracias a La Ciencia para Todos. Para estas fechas La Ciencia para Todos tiene ya 195 títulos de divulgación de la ciencia, con algunas excepciones de libros que resultan de difícil comprensión para la mayoría de los lectores, porque contienen gran cantidad de fórmulas que no entienden muchos lectores, y por ello no los considero de divulgación.

En la presentación de gran parte de los libros aparecía el siguiente texto:

“No es posible concebir hoy en día la cultura separada del conocimiento científico que ha pasado a ocupar, al lado de las humanidades, un sitio central en el pensamiento abstracto y en la vida cotidiana de las personas.

“La forma tradicional de incorporar el conocimiento científico a la cultura de un pueblo es la transmisión oral, que sigue vigente gracias a sus cualidades de ser natural y directa. Escuchar a un profesor sabio, a un investigador ilustre o a un divulgador brillante dirigirse al público en el aula o en una conferencia puede ser una gran experiencia. Pero tal forma de comunicación es efímera y de registro limitado. Es el libro el vehículo apropiado para

rescatar el conocimiento al guardarlo en forma duradera, característica que se suma a su índole portátil.

“La mayoría de los libros científicos a la venta en nuestro país son extranjeros, reflejo de la juventud de nuestra comunidad científica. Pero ésta, al acercarse a su madurez, hace hoy posible la publicación de una serie de libros de divulgación científica, escritos por científicos de México, destinados a que el público de habla española se entere, en su propio idioma, de lo que se sabe, se investiga y se conjetura en la ciencia.

“La tarea ha de hacerse en forma amena, sencilla, procurando presentar con claridad los conceptos y sin ocultar la dificultad de algunos temas, lo cual constituye un problema considerable, pues adecuar el lenguaje científico para ser entendido por cualquier lector es una labor muy difícil: este es el desafío que han recogido los científicos mexicanos.

“Nace la serie “La Ciencia desde México” cuyo afán principal es poner la ciencia al alcance de las mayorías, despertar la vocación por ella entre los jóvenes, así como su imaginación y espíritu crítico y, sobre todo, dar vigor al pensamiento y la lectura científicos.”

Los primeros títulos de La Ciencia desde México, aparecieron semanalmente en los puestos de periódicos, con un tiraje de 30,000 ejemplares, y posteriormente, dejaron de aparecer en los puestos y se redujo el tiraje. Mencionaré los cinco primeros títulos: *La expansión del Universo*, de Luis Felipe Rodríguez, *El océano y sus recursos. I. Panorama oceánico*, de Juan Luis Cifuentes, Pilar Torres-García y Marcela Frías, *Una ojeada a la materia*, de Guillermo Aguilar Sahagún, Salvador Cruz Jiménez y Jorge Flores Valdés, *Historia de la astronomía en México*, de Marco Arturo Moreno Corral (compilador) y *De la máquina de vapor al cero absoluto*, de Leopoldo García-Colín.

Entre 1987 y 1992 se edita la Serie Nuestro Mundo, de SITESA (Sistemas Técnicos de Edición S.A.), dirigida por José Ignacio Echevarría, compuesta de los siguientes títulos: *Sonido y luz*, *Aire y agua*, *La Tierra*, *El Sistema Solar*, *Las estrellas*, *El Cosmos*, *Átomos y moléculas* y *Cargas y corrientes*. Todos ellos escritos por Miguel Ángel Herrera y Julieta Fierro. Y algunos por Miguel Ángel Herrera como único autor. Dicha colección, junto con algunos libros de CONAFE, CIDCLI y el Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia de la UNAM, pueden considerarse como los primeros libros de divulgación de la ciencia infantil escritos por autores mexicanos.

En 1993, ADN Editores, lanza otra colección de divulgación de la ciencia: Viaje al Centro de la Ciencia, dirigida a los jóvenes, con el apoyo y coedición del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA). Se trata de una colección sobre temas científicos y técnicos de interés general o temas de frontera en la ciencia, escrita por divulgadores de la ciencia, en la cual no sólo se divulga el tema científico o técnico, sino que se emplean algún recurso literario. En la colección se tienen temas de frontera o de interés general como: el sida, los alimentos, la biotecnología, los alimentos transgénicos, el genoma humano, el origen del Universo, la teoría del caos, las partículas elementales, la teoría de la relatividad, la evolución, el contagio de enfermedades, la bomba atómica, la química cotidiana, los inventos y la mecánica cuántica, por mencionar algunos. A diferencia de La Ciencia para Todos, los libros de ADN los han escrito, en su mayoría, destacados divulgadores de la ciencia o escritores de literatura, y no únicamente investigadores, como Horacio García, José de la Herrán, Miguel Ángel Herrera, Ana María Sánchez, Sergio de Régules, Carlos Chimal, Nemesio Chávez, Mario Méndez Acosta, Mónica Lavín, Edgar Gómez, Agustín López Munguía y Juan Tonda, así como destacados maestros o educadores de ciencia como José Antonio Chamizo, Blanca Rico, Francisco Noreña o Plinio Sosa. Vale la pena mencionar que algunos de los títulos han sido seleccionados para estar en las bibliotecas públicas de la SEP.

Pocos años después, en 1995, ADN Editores en coedición con CONACULTA edita la colección infantil de divulgación Fenómenos Naturales, en la cual se pretende que los niños de primaria entiendan muchos fenómenos naturales en los que interviene la ciencia como: *Los temblores, Los volcanes, La lluvia, Olas, mareas y corrientes, Los huracanes, Los incendios, Los derrumbes, La respiración, La contaminación y La sexualidad*. Ambas colecciones, así como la editorial he tenido la fortuna de dirigirlas, con el apoyo de Norma Castillo, Miriam Núñez e Hilario Martínez.

Aquí valdría la pena señalar que las únicas editoriales mexicanas independientes dedicadas exclusivamente a la divulgación de la ciencia hasta ahora han sido Pangea y ADN Editores, y recientemente (2002), Libros del Escarabajo.

Las dos primeras han luchado por sobrevivir durante más de diez años, gracias al apoyo del CONACULTA, el CONACYT, la UNAM y la SEP, pero enfrentándose a la dura realidad mexicana de tener que competir con las grandes editoriales mexicanas y

extranjeras que tienen acaparado el mercado, el casi nulo apoyo gubernamental para distribuir los libros de las pequeñas editoriales, la compra de libros para las bibliotecas de la SEP con un descuento excesivo para los pequeños editores (a pesar de que contribuyen sustancialmente con la educación del país), la política de no proteger a las editoriales mexicanas frente a las extranjeras, el bajo nivel de lectura de la población mexicana, la falta de un apoyo gubernamental para la distribución nacional e internacional de editores pequeños, culturales y universitarios y el permitir que se saquen fotocopias de nuestros libros sin ningún ingreso para los editores, por mencionar sólo algunas de las causas del desplazamiento de las pequeñas editoriales frente a las grandes editoriales mexicanas y extranjeras que operan en México, que como las tiendas de abarrotes acabarán por desaparecer para privilegiar el modelo estadounidense de “cultura”, Barnes and Noble, Virgin Records, America On Line (AOL) o CNN y todas las televisoras de cable. El trabajo independiente de pequeños grupos creativos, llámense editores de divulgación de la ciencia y la técnica, puede desaparecer en el corto plazo si no se cuenta con el apoyo gubernamental y de empresarios mexicanos.

La experiencia de países como Corea, Japón y China ha demostrado que la inversión en educación, ciencia, y la divulgación de la ciencia como un subproducto, es fundamental para el crecimiento económico. Nunca es tarde para aprender.

En 1985, se editó en España, la Biblioteca de Divulgación Científica Muy Interesante (de la conocida revista de divulgación del mismo nombre), editados por Ediciones Orbis, con muchos títulos de grandes divulgadores como Isaac Asimov, Stephen Jay Gould y Desmond Morris, entre otros. Los libros aparecieron en los puestos de periódicos de México semanalmente. Unos años después, en 1992, también como parte de la revista *Muy Interesante* apareció la Biblioteca de Divulgación Científica, editada por RBA, en España, también con muchos autores clásicos de divulgación y también se vendió semanalmente en los puestos de periódicos de México. Entre ambas colecciones se tienen alrededor de 100 títulos.

En 1987, apareció en México una gran colección de libros de divulgación, desde mi punto de vista la mejor colección de divulgación, la Biblioteca Científica Salvat, editada en España, que consta de 100 títulos, entre los que se pueden encontrar muchos de los principales divulgadores de la ciencia de todo el mundo como Richard Dawkins, Paul

Davies, Martín Gardner, Arthur Koestler, Douglas Hoffstader, Robert Jastrow, John Gribbin, James Trefil, Albert Einstein, Leopold Infeld, Paul de Kruif y George Gamow, entre otros.

Estas tres colecciones de divulgación no se editaron en México, sino que se importaron de España, pero afortunadamente llegaron aquí a precios accesibles. Desafortunadamente, ya no se han vuelto a reeditar en México.

Otras grandes colecciones de divulgación de la ciencia españolas son en primer lugar la colección Drakontos, de Editorial Crítica (Grijalbo Mondadori), dirigida por Joseph Fontana y Gonzalo Pontón, que tiene también a los clásicos de la divulgación, es ediciones de pasta dura y gran lujo, pero a precios muy elevados, entre los que se encuentran muchos libros de Stephen Jay Gould, Roger Penrose, Timothy Ferris, Richard Feynman, Peter Medawar, Paul Davies y Ian Stewart, por mencionar algunos.

La Colección Metatemáticas, Libros para pensar la ciencia, de Tusquets Editores, también española (con alrededor de 50 títulos publicados) es otra de las colecciones de divulgación importantes. La colección la dirige un gran divulgador de la ciencia Jorge Wagensberg, director del museo de ciencias de Barcelona, de la Fundación La Caixa. En dicha colección no sólo se encuentran libros de divulgación de la ciencia, sino textos originales de varios premios Nobel o grandes científicos como Sheldon L. Glashow, Edwin Schrödinger, Francis Crick, Albert Einstein, Ilya Prigogine, Murray Gell-Mann, Lynn Margulis, Nobert Wiener, Benoit Mandelbrot, Konrad Lorenz, John Allen Paulos, Douglas Hofstadter y Freeman Dyson. Cabe destacar que dentro de la colección se ha publicado *Luz interior*, de Carlos Chimal, destacado divulgador mexicano, en coedición con la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, que incluye conversaciones con grandes científicos y divulgadores.

La Prensa Científica, Editorial Labor, editó en español, en 1985, la excelente colección de divulgación Biblioteca Scientific American, con selecciones temáticas de lo mejor de *Scientific American*.

La editorial McGraw Hill tiene la Serie McGraw Hill de Divulgación Científica, con también cerca de 50 títulos publicada en España, también con libros de destacados divulgadores españoles como Manuel Calvo Hernando, *La ciencia en el tercer milenio*, y

Manuel Toharía, *Astrología, ¿ciencia o creencia?* y *Micromegas. Del dinosaurio amaestrado a la capa de ozono* y mexicanos como Julieta Fierro, *Mundos cercanos*.

Otra colección editada en España que ha llegado a México y que incluye varios libros de divulgación científica es la de la editorial Gedisa.

Como puede verse las editoriales españolas son las que han publicado, en su mayoría, los libros de los divulgadores de la ciencia e investigadores reconocidos internacionalmente traducidos del inglés y francés. A pesar de ello, muchos libros de divulgación no se conocen en español, por lo que sería deseable que el gobierno y las universidades mexicanas redoblaran sus esfuerzos para acercar a los lectores mexicanos a libros de divulgación que resultan relevantes para la cultura científica de la población.

Regresando a las publicaciones de divulgación mexicanas, la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT) en coedición con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), posee la Colección Básica del Medio Ambiente, que consta de 10 títulos, para estudiantes de secundaria, escritos por divulgadores mexicanos, cuatro de los cuales han sido seleccionados para las bibliotecas del aula de la SEP.

La colección Tercer Milenio, editada por CONACULTA ha incluido entre sus libros algunos de divulgación escritos por Julieta Fierro, Miguel Ángel Herrera, Cinna Lomnitz, Gloria Valek, José Antonio Chamizo y Miguel Ángel Rivera.

En la época reciente, 1999, la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC) de la UNAM, ha iniciado varias colecciones de libros de divulgación de la ciencia: Letras de Ciencia, dirigida por Luis Estrada, en la que se han publicado, *Todo por saber. Ensayos de cultura científica*, compilado por Nemesio Chávez Arredondo, *El enigma de las pirámides*, de Kurt Mendelssohn, y *El secreto de la vida*, de Joseph Levine y David Suzuki (este último en coedición con la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería). Otra colección es Historias de la Ciencia y la Técnica, en la que se han publicado, *Energía*, de Ana María Sánchez, María Trigueros y Julia Tagüeña y *Agua. Reflejo de un valle en el tiempo*, de Gloria Valek. La DGDC tiene también la Colección ¿Cómo ves?, con temas de interés para los jóvenes, *La ciencia*, de José Antonio Chamizo, *La sexualidad*, de Blanca Rico Galindo, *Las drogas*, de Benjamín Ruiz Loyola y, próximamente, *El aborto*, de Gabriela Rodríguez.

La DGDC tiene además la primera colección en español, 1999 y, tal vez en cualquier idioma, sobre la teoría y práctica de la divulgación de la ciencia: *Divulgación para Divulgadores*, dirigida por Ana María Sánchez, en la que se han publicado *La divulgación de la ciencia como literatura*, de Ana María Sánchez, *Mundos separados*, de Jim Hartz y Rick Chapell (en coedición con la SOMEDICYT), *Las ciencias sociales en la divulgación*, de Valeria García Ferreiro, *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, de Juan Tonda, Ana María Sánchez y Nemesio Chávez (coordinadores), *Divulgación y periodismo científico: entre la claridad y la exactitud*, de Manuel Calvo Hernando, y próximamente *La ciencia y el sexo*, de Ana María Sánchez. También, este año, 2003, saldrá a la luz la Colección Ciencia para Maestr@s, dirigida a las maestras de preescolar, en coedición con el Departamento de Educación Preescolar del Sistema de Educación Integral del Estado de México y con la colaboración de la Universidad Pedagógica Nacional. Se trata de una colección que responde a las preguntas frecuentes que se hacen los niños sobre la ciencia que pretende colaborar con la enseñanza preescolar.

La Facultad de Ciencias de la UNAM, a través de la reciente creación de la Secretaría de Divulgación, que dirige Patricia Magaña, se han publicado varios libros de divulgación, así como en otras dependencias de la UNAM, como el Centro de Estudios Interdisciplinarios, la Coordinación de la Investigación Científica, los institutos de Geofísica, Astronomía, Física, Biología, Fisiología Celular, etc. Otras universidades han publicado libros de divulgación como el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Autónoma Metropolitana y el Centro Investigación y de Estudios Avanzados, así como universidades de otros estados.

Recientemente, la editorial Lectorum, creó la Colección Biblioteca Juvenil, con alrededor de 10 títulos de divulgación, entre los que se encuentran autores como Julieta Fierro, María Emilia Beyer, Sergio de Régules, Concha Ruiz y Héctor Domínguez, entre otros.

Recientemente, Planeta ha sacado la colección Ciencia para todos, traducida de la editorial inglesa Dorling Kindersley, y Siglo XXI también ha incluido en su colección Mosaicos varios libros de divulgación.

Editoriales como Planeta, Santillana, Grupo Noriega Editores, Alianza Editorial, Fondo de Cultura Económica, Siglo XXI y Gedisa Mexicana, así como varias universidades y el CONACYT publican regularmente libros de divulgación.

3.3 La divulgación de la ciencia en los periódicos

La divulgación de la ciencia en los periódicos mexicanos tiene una larga tradición como señalé en el capítulo 2, sin embargo, aquí proporcionaré un panorama muy general o mejor dicho algunos bocetos de lo que ha ocurrido en la época reciente. Un estudio detallado y profundo requerirá de la investigación de muchos divulgadores, o por lo menos aquellos que se han dedicado profesionalmente a hacer divulgación de la ciencia en los periódicos como Paulino Sabugal, Javier Cruz o Javier Flores, entre otros.

Para abordar la divulgación de la ciencia en los periódicos haré una clasificación que permita entender diferentes tipos de trabajo en los periódicos:

- Publicación de boletines de prensa, enviados por instituciones, empresas o agencias.
- Reportajes, entrevistas, ensayos, noticias informativas, crónicas u opinión sobre la ciencia.
 - Colaboraciones ocasionales de divulgadores de la ciencia.
 - Colaboraciones regulares o periódicas de divulgadores de la ciencia.
 - Secciones o páginas de ciencia o de divulgación de la ciencia.
 - Suplementos de divulgación de la ciencia.

En los periódicos mexicanos lo que más encontramos son la publicación de boletines de prensa, enviados por universidades, instituciones, empresas o agencias de noticias internacionales o nacionales sobre temas de ciencia y tecnología. Por supuesto que la calidad del material depende de las fuentes. Y, las fuentes primarias son generalmente las más confiables.

Puede decirse que la mayoría de los periódicos del país publican notas de ciencia bajo este esquema. He tenido la fortuna de ver cómo periódicos como *El Universal*, *El Herald*o, *Novedades* y *Excelsior*, entre otros, publican los boletines de prensa, enviados por el

departamento de prensa de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, lo que es una decisión de cada periódico. Aunque generalmente son las grandes agencias de noticias las que acaparan la información.

En fechas recientes la Academia Mexicana de Ciencias ha organizado una agencia de noticias, dirigida inicialmente por Javier Flores, y actualmente por Carlos Garza, para proporcionar información de primera mano sobre ciencia y tecnología (puede consultarse en: <http://www.amc.unam.mx>). También varios integrantes de la carrera de ciencias de la comunicación, de la Facultad de Ciencias Políticas de la UNAM, se han reunido con miembros de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, también de la UNAM, para proporcionar información científica y técnica a la Agencia Notimex, la más importante del país.

El resultado concreto de estos esfuerzos, hasta ahora, es que los editores de periódicos, semanarios políticos o revistas de cultura le otorgan un espacio muy reducido a la ciencia y la técnica, debido sobre todo a la falta de un criterio amplio que incluya a las noticias científicas como “notas”, la pobre visión de lo que representa la divulgación de la ciencia para la educación del país y su apuesta, bajo una visión de corto plazo, sobre lo que vende más, en lugar de lo que educa más.

Por otro lado, la publicación de boletines de prensa en los periódicos nacionales se combina con los bajos salarios y el ritmo de trabajo al que están expuestos los periodistas, que no tiene comparación con un semanario, una revista o un libro. Más aún, no existe en México un periódico con una página diaria o suplemento diario dedicado a la divulgación de la ciencia, salvo honrosas excepciones. Aquí Javier Cruz explica que el periódico *Reforma* es el único diario que incluye cotidianamente noticias de ciencia y destaca la labor que hacen algunos periódicos de otros países, como el *New York Times*, que además de su sección de ciencia que se publica los martes, incluye cotidianamente noticias de ciencia en otras secciones. Y abunda, que en muchos diarios de otros países se tienen criterios más amplios para incluir cotidianamente a la ciencia.³⁴ La pregunta obligada es ¿podremos cambiar los criterios de los editores de periódicos para cambiar esta situación?

Más aún, ¿podremos hacer un periódico diario dedicado a la divulgación de la ciencia, en el amplio sentido de la palabra? Soñar no cuesta nada. Hoy, yo creo que no, porque se

³⁴ Conversación personal con Javier Cruz Mena, quien dirigió la página de ciencia del periódico *Reforma*.

requiere una inversión considerable para que un periódico pueda pagar los salarios de un equipo de periodistas científicos o divulgadores profesionales y que a muchos de los directores o editores de periódicos no les interesa colaborar en la educación de la población.

Así que para resumir, los boletines de prensa de divulgación de la ciencia son los que ocupan más espacio en los periódicos del país, por la simple y sencilla razón de que el trabajo está hecho, solo hay que leerlo, ver si es adecuado y publicarlo.

En segundo lugar, en cuanto a espacios en los periódicos nacionales, están los reportajes, entrevistas, ensayos, noticias informativas, crónicas u opinión sobre la ciencia o tecnología. En general dichos trabajos dependen del interés, conciencia, conocimiento o cultura y educación de muchos reporteros, periodistas, periodistas científicos o divulgadores, que invariablemente se enfrentan a la negociación con sus superiores, a pesar de creer en la importancia del trabajo realizado. Aquí vale la pena subrayar que el mayor problema no es el trabajo de los periodistas científicos o divulgadores, sino la censura que ejercen los editores y dueños de los periódicos, nuevamente con criterios dogmáticos, oportunistas o puramente económicos.

En más de una ocasión hemos escuchado argumentos de grandes periodistas, como Julio Scherer³⁵, ex director de la revista semanal *Proceso*, decir que la ciencia no es noticia y no se vende, posición con la cual no estoy de acuerdo y que bajo el argumento del aparente liberalismo ha dejado fuera a la educación científica del país, para vender los chismes de las nuevas propiedades de los funcionarios, presidentes o ex presidentes, cuando la población de la capital no sabe lo que es el ozono que puede perjudicar seriamente su salud.

Bienvenidos todos los periodistas científicos o divulgadores de la ciencia de los grandes medios de comunicación que con su trabajo ponen un granito de arena para que la población tenga elementos para conocer un poco mejor el mundo en que vivimos, y abandonen posiciones dogmáticas, ideológicas o económicas, que sostienen abiertamente o por ignorancia u omisión muchos de nuestros "grandes periodistas". El poder de los medios masivos de comunicación al margen del conocimiento de la ciencia y la técnica, entendidos como el conocimiento de la humanidad, es simple y sencillamente un poder servil, llámese de izquierda o de derecha, que está con todos aquellos que desean que la

³⁵ Conversación personal de Estrella Burgos, hoy editora de la revista *¿Cómo ves?*, solicitándole a Julio Scherer que le permitiera hacer colaboraciones sobre divulgación de la ciencia en la revista *Proceso*.

mujer y el hombre no se eduquen y permanezcan en la ignorancia por los siglos de los siglos.

Yazmín Pérez Guzmán ha hecho un estudio sobre las notas de ciencia que se publicaron en los principales diarios nacionales, durante 1988³⁶.

En tercer lugar están las colaboraciones ocasionales de divulgadores de la ciencia o periodistas científicos. Aquí generalmente se trata de investigadores muy conocidos o intelectuales destacados para los que es más sencillo que se abran las páginas de un periódico. Por ejemplo, Ruy Pérez Tamayo, René Drucker Colín, Cinna Lomnitz, Luis Felipe Rodríguez, Víctor Manuel Toledo, Antonio Lazcano Araujo, Marcos Moshinky, Luis Estrada, Julieta Fierro y José de la Herrán que son investigadores, técnicos o divulgadores reconocidos y que tienen oficio periodístico, ya sea porque han escrito para periódicos y semanarios o simple y sencillamente porque escriben bien.

En cuarto lugar se encuentran los periodistas científicos o divulgadores de periódicos o semanarios que regularmente hacen colaboraciones sobre ciencia y técnica. Aquí podemos mencionar algunos ejemplos. Arnoldo Kraus e Iván Restrepo escriben una vez a la semana para *La Jornada*, Shahen Hacyan, escribe los jueves su columna en el *Reforma*, Sergio de Régules, tiene una columna en *Milenio*, Fedro Guillén y Martín Bonfil, han escrito periódicamente para *El Financiero* y este último, junto con José Manuel Berruecos, Jaime Litvak, Rolando Ísita y José de la Herrán en el periódico universitario *Humanidades*, hasta hace poco Javier Cruz Mena, también publicaba semanalmente su colaboración en la página de ciencia de *Reforma* que él dirigía; Javier Flores, Luis González de Alba, Ruy Pérez Tamayo, René Drucker, Mauricio Ortiz, Juan Carlos Villa y Julieta Fierro, publicaban semanalmente en la página de ciencia de *La Jornada* (posteriormente el equipo de Javier Flores se fue a *El Financiero*), y después, también René Drucker, Patricia Vega y Mirna Servín, en el suplemento *Lunes en la ciencia*, también de *La Jornada*, Paulino Sabugal y Ernesto Márquez, en el suplemento quincenal *Divulga de El Nacional*, Marcelino Perelló, en *Excelsior*, José de Jesús Guadarrama, en *El Financiero*, Carmen Galido, en *El Día*, Héctor Gómez Vázquez, en *La Jornada*, José de la Herrán, en *Revista de Revistas*, Marcos Moshinky y Ruy Pérez Tamayo, en *Excelsior* y *Proceso*, Rafael Pérez Pascual, Ruy

³⁶ Pérez Guzmán, Yazmín, *La trascendencia de la formación de divulgadores científicos: el caso de la prensa escrita*, Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Comunicación, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM, México, 1988.

Pérez Tamayo, José Warman, Ana María Cetto y Luis de la Peña, en la revista *Nexos*, y Carlos Chimal, en la revista *Vuelta y Letras Libres*, así como Javier Cruz en esta última. Aquí he mencionado sólo algunos divulgadores cercanos a las ciencias exactas y naturales.

René Anaya cita que Juan José Morales Barbosa, Premio Nacional de Divulgación de la Ciencia 1994, fue uno de los primeros divulgadores que publicó sus trabajos, en 1957, en el *Diario de la Tarde*, el suplemento *México en la Cultura*, de *Siempre*, dirigido por Fernando Benítez, las revistas *Mañana* y *Contenido*³⁷.

En quinto lugar están las páginas de ciencia y los suplementos de divulgación de la ciencia. Los he puesto juntos porque hay quienes sostienen que es preferible una página de ciencia que está integrada a todo el periódico en lugar de un suplemento de ciencia que está aislado del resto del periódico, y que los lectores simple y sencillamente pueden sacar y tirar al bote de la basura. En cuanto a trabajo, los suplementos de ciencia representan tal vez un poco más de trabajo que una o dos páginas de ciencia, dado que para un suplemento se requieren cuando menos cuatro páginas.

De cualquier forma he dejado las páginas de ciencia y los suplementos al final de mi clasificación porque es lo que menos hay en los periódicos nacionales, y muchos de ellos han desaparecido. Aunque hay que señalar que CONACYT ha dicho que en 2004 apoyará a los suplementos de divulgación de la ciencia que se publiquen en los periódicos nacionales, lo cual es sin lugar a duda una buena noticia para los periodistas científicos o divulgadores de periódicos.

Hoy, en 2003, se pueden mencionar la sección de ciencia del periódico *Reforma*, que fundó Javier Cruz³⁸, en 1994 y en la que trabajó hasta el año 2000, pero que hoy sigue saliendo y destaca la columna de Aleph cero, que escribe el destacado divulgador e investigador Shahan Hacyan. Y, el suplemento *Investigación y Desarrollo*, que aparece mensualmente en el periódico *La Jornada*, que dirige Manuel Meneses (y que ahora se ha convertido en quincenal; puede consultarse en: <http://www.invdes.com.mx>).

Sin embargo, algunos de los suplementos de ciencia o páginas de ciencia que ya no aparecen han sido los siguientes: la página de ciencia del periódico *El Día*, dirigida por

³⁷ Anaya, René. "Una historia que falta por contar", suplemento *Lunes en la ciencia*, *La Jornada*, 10 de junio de 1996.

³⁸ Cruz Mena, Javier, "La ciencia del periodismo de la ciencia", en *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Juan Tonda, Ana María Sánchez y Nemesio Chávez (coordinadores y coautores), Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 2002.

Carmen Galindo, en 1965, donde en una época se publicaron muchos artículos de la revista *Información Científica y Tecnológica* del CONACYT. En los años 70, el periódico *Uno más Uno* abrió espacios a la divulgación de la ciencia³⁹. También otros periódicos como *Excelsior* tuvieron una sección de ciencia. La página de ciencia en el periódico *La Jornada*, que dirigió Javier Flores, desde 1984 hasta 1997, cuando salió del diario. Y que llevó a continuación al periódico *El Financiero*. La sección semanal de notas sobre ciencia del periódico *El Financiero*, dirigida por José de Jesús Guadarrama, en 1991. El suplemento quincenal del periódico *El Nacional*, cuyo responsable era Octavio Raziol y, posteriormente, otro gran divulgador, Paulino Sabugal, también en 1991.⁴⁰ El suplemento de divulgación de la ciencia *Lunes en la ciencia*, que dirigieron René Drucker Colín y Patricia Vega, desde 1997 hasta hace un par de años.

En algunos periódicos de los estados se incluyen secciones de ciencia y en ocasiones parece más fácil que abran sus espacios para la divulgación de la ciencia, por ejemplo, en Michoacán y en Sonora.

Por otro lado, deben mencionarse otros esfuerzos importantes para divulgar la ciencia, como la *Gaceta UNAM*, que dirige Areli Montes y coordina Hernando Luján, fuente de información científica y tecnológica para muchos periódicos nacionales. También, la publicación del primer periódico latinoamericano de divulgación *Descubrir Latinoamericano* (cuyo primer número apareció en 1999 y se distribuye en varios países latinoamericanos), que dirige Jesús Mendoza, desde el Instituto Politécnico Nacional (IPN), quien además ha sido editor de las revistas de divulgación *Elementos*, *Investigación Hoy*, del IPN, y que hace algunos años se transformó en la revista *Conversus*.

A manera de conclusión podemos decir que hacen falta páginas y suplementos de ciencia en la mayoría de los periódicos nacionales, así como divulgadores de la ciencia que colaboren regularmente en los periódicos y noticieros de radios y televisión, así como es deseable que los directores de los periódicos o editores de las secciones abran dichos espacios a divulgadores de la ciencia profesionales, quienes puedan vivir decorosamente de su trabajo.

³⁹ Anaya, René, *ibidem*.

⁴⁰ De Leonardo, Patricia y Josefina Vilar, "Ciencia y tecnología en tres diarios mexicanos", Universidad Autónoma Metropolitana, ponencia del Segundo Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia, SOMEDICYT, Xalapa, Veracruz, México, 1992.

Como puede verse muchos físicos mexicanos, el caso que aquí nos ocupa, colaboran o han colaborado en revistas, libros y periódicos divulgando la ciencia, lo que habla del interés de llevar la física a amplios sectores de la población. Y, sin lugar a dudas, una buena parte ha salido de la Facultad de Ciencias de la UNAM, lo que habla de la importancia de fortalecer la divulgación de la ciencia en la Facultad.

A partir de lo anterior, se sugiere que las personas interesadas en la divulgación de la ciencia por escrito consulten las referencias que se proporcionan al final, en especial, se recomiendan: *Antología de la divulgación de la ciencia*, *La divulgación de la ciencia como literatura* y las referencias de Luis Estrada, Carlos López Beltrán y Alicia García Bergua.

Toda vez que hemos proporcionado una visión general del desarrollo de la divulgación de la ciencia escrita en México, gracias al cual surgieron divulgadores de la ciencia destacados, en el siguiente capítulo nos dedicaremos a establecer algunas características generales que debe poseer la divulgación escrita de calidad y se proporcionarán algunos textos de divulgadores mexicanos que sirven como ejemplo para observar estas características.

4. Análisis de algunos artículos y libros de divulgación

4.1 Introducción

Por supuesto que todos queremos saber cuáles son las recetas para hacer un buen artículo o libro de divulgación de la ciencia. Desgraciadamente, lo primero que tenemos que afirmar es que no existen recetas para escribir bien en divulgación. Y la razón de lo anterior es muy sencilla. La buena divulgación escrita es como la literatura o el arte, y no existe ninguna receta para convertirse en un Juan Rulfo, Carlos Fuentes, Octavio Paz, Leopold Infeld, Richard Dawkins o Carl Sagan.

Creo que hay dos características fundamentales para realizar un trabajo de divulgación escrita de calidad.

La primera es la creatividad del divulgador.⁴¹ Ésta es una característica individual y única de cada divulgador, que no sólo depende de la cultura, formación y ambiente de éste —que por supuesto deben ser muy amplios y adecuados—, sino, no lo sé, tal vez de sus características genéticas y cerebrales muy particulares, su imaginación, su memoria, su capacidad de síntesis, su velocidad de razonamiento, y un largo etcétera, que depende de tal cantidad de factores que por lo menos hasta ahora no sabemos a qué se debe. Lo mismo que ocurre con la creatividad de investigadores o maestros. Desafortunadamente según nuestras capacidades creativas o visto desde el punto de vista de la diversidad biológica, afortunadamente, no todos somos iguales. Aunque nos duela aceptarlo, existen individuos que por características que ignoramos son más creativos que otros. Y, más aún, dichas características no se pueden adquirir por la formación, ambiente, apoyo económico o trabajo (por lo menos hasta ahora).

Así que tenemos que aceptar de entrada que la creatividad en cualquier área del conocimiento posee un componente único e irrepetible que hasta ahora no podemos adquirir con la formación, el estudio y el trabajo.

Aquí valdría la pena considerar la forma de trabajo de los divulgadores de la ciencia, en la cual el trabajo en equipo es una componente fundamental. Si pensamos que las

⁴¹ Howard Gardner establece un triángulo de la creatividad, entre el conocimiento, la sociedad y el niño-adulto. Propone que la educación debe fomentar la verdad, la belleza y lo bueno.

características de cada divulgador, difícilmente serán como Stephen Jay Gould, Carl Sagan, Richard Dawkins, Leopold Infeld o Geoge Gamow, la unión del trabajo creativo de un equipo de divulgadores bien preparados, posiblemente sumará las creatividades individuales de cada uno para lograr un producto que sea un poco más innovador que la creatividad individual. Aquí los divulgadores de la ciencia hemos aprendido de la forma de trabajo de los comunicadores, periodistas y editores, así como del modelo social del trabajo en equipo. En investigación también existe el trabajo en equipo, pero cada investigador es evaluado individualmente, aunque hay investigadores que trabajan individualmente. En divulgación de la ciencia ocurre lo mismo que en la ciencia. Un divulgador escribe un artículo o un libro, y uno o varios redactores hacen modificaciones, al igual que el editor, el consejo editorial o los asesores, un ilustrador hace los dibujos, un fotógrafo las fotografías, un diseñador lo hace visualmente atractivo, un impresor lo multiplica para que lo puedan leer las masas y un distribuidor lo lleva a los centros de consumo, entre otros.

Como resumen, habría que considerar si la suma de la creatividad de varios individuos es mayor que la creatividad individual. La pregunta queda abierta, a pesar de saber que no es posible conseguir la creatividad individual de los grandes creadores del conocimiento, que al parecer "no se dan en maceta". No es la mejor creatividad, pero en la práctica, hasta ahora, ha dado mejores resultados. La suma de las creatividades individuales ofrece mejores resultados que la creatividad individual.

La segunda característica fundamental para poder hacer una divulgación escrita de calidad es el trabajo cotidiano en divulgación de cada divulgador. Y éste sí depende de la formación y estudio de cada persona, así como de la práctica constante. Así, el trabajo (como se señala en matemáticas) es una condición necesaria, pero no suficiente para desarrollar un trabajo de divulgación escrita de calidad. Por supuesto, que cualquier divulgador puede mejorar si constantemente estudia, se prepara y hace divulgación. Y, es obvio, que los grandes divulgadores (y cualquier otro gran creador, como Picasso) tienen que trabajar mucho, como le ocurrió a George Gamow o a Carl Sagan.

Es en este último aspecto, el trabajo cotidiano, el estudio y la formación, donde podemos hacer algunas recomendaciones, muy generales, para que quienes deseen hacer un artículo para una revista o periódico, así como un libro de divulgación puedan avanzar un poco más

rápido que los divulgadores formados en la práctica (sin dejar, la práctica como una condición indispensable para hacer divulgación escrita y de cualquier tipo).

Así, a manera de resumen, en relación con las características creativas de cada divulgador tenemos que decir que esperamos que sean personas sumamente creativas y que algunos nazcan en México. Podría mencionar algunos (en orden alfabético), en el caso de la divulgación escrita en física en México, como Christine Allen, Jorge Barojas, Ana María Cetto, Carlos Chimal, Javier Cruz, Héctor Domínguez, José Manuel Espíndola, Luis Estrada, Guillermo Fernández de la Garza, Julieta Fierro, Jorge Flores, Horacio García, Carlos Graef, Sahen Hacyan, José de la Herrán, Miguel Ángel Herrera, Antonio Ibarra, Salvador Jara, Roberto Jiménez, Antonio Lazcano, Cinna Lomnitz, Juan Manuel Lozano, Salvador Malo, Ernesto Márquez Nerey, Rafael Martínez, Marcos Moshinsky, Juan de Oyarzábal, Luis de la Peña, Marcelino Perelló, Rafael Pérez Pascual, Arcadio Poveda, Sergio de Régules, Fernando del Río, Héctor Riveros, Luis Felipe Rodríguez, Paulino Sabugal, Ana María Sánchez, Antonio Sarmiento, Roberto Sayavedra, Julia Tagtieña, Juan Tonda, José Warman y Guadalupe Zamarrón.

En cuanto al trabajo, es donde podemos hacer algunas recomendaciones, para que los físicos divulgadores avancen un poco más rápido que los divulgadores en física escrita que nos formamos en la práctica.

4.2. Características fundamentales para realizar un trabajo de divulgación escrita

Las características fundamentales para realizar un artículo o libro de divulgación de calidad son las siguientes:

- Estudiar o conocer el tema que se desea divulgar.
- Emplear un lenguaje claro y sencillo.
- Ponerse en el lugar de los lectores o pertinencia del texto.
- El contenido científico del artículo o libro debe ser correcto (claridad contra exactitud).
- Proporcionar una estructura u orden en el desarrollo de las ideas, antes de escribir.

- **Motivar a los lectores.** Para ello, emplear los recursos para facilitar la comprensión de los textos (analogía, metáfora, contexto, ironía, humor, comparación, narrativa, diálogo, historia y filosofía).

- **Conocer el medio en el que se va a divulgar y aprovechar los recursos del medio.**

4.2.1. Estudiar y conocer el tema

Antes de escribir sobre cualquier tema de divulgación se debe conocer o estudiar el tema que se desea divulgar. Para ello, el divulgador puede ser un especialista en el tema, en cuyo caso no necesitará estudiar sobre el tema que desea divulgar. Sin embargo, si no conoce el tema, deberá estudiar artículos de divulgación sobre el tema y, si es posible, artículos o libros originales sobre el tema que desea divulgar. El divulgador puede escribir sobre cualquier tema, siempre y cuando lo conozca o lo estudie lo suficiente como para divulgarlo.

Aquí es común que los divulgadores formados en física divulguen temas de física, que son los que conocen; los biólogos divulguen temas de biología; los químicos o matemáticos temas de sus especialidad. Sin embargo, los comunicadores o periodistas que no conocen un tema de física, química, biología o matemáticas, por poner un ejemplo, deben leer varios artículos y libros de divulgación o de investigación, tomar clases o hablar largamente con un experto sobre el tema antes de divulgarlo.

4.2.2. Emplear un lenguaje claro y sencillo

Para divulgar la ciencia por los medios escritos, y la física, en particular, se debe emplear un lenguaje claro y sencillo, para que nos comprendan los lectores. Lo anterior supone emplear frases cortas, con una estructura de sujeto, verbo y complemento. No emplear la voz pasiva (han sido descubiertos, en lugar de, se descubrieron). Emplear palabras comunes. Y cuando se requiera emplear tecnicismos, definirlos a continuación con palabras claras.

4.2.3. Ponerse en el lugar de los lectores o pertinencia del texto

Cuando escribimos sobre divulgación de física, en particular, es muy común que tratemos de divulgar la ciencia para nuestros colegas. Nada más alejado de la realidad. Cuando divulgamos tenemos que ponernos en el lugar de los lectores. Lo anterior supone conocer el nivel de conocimientos que poseen. En el caso de México, la mayoría de los lectores posee un nivel de secundaria, así que como regla práctica debemos partir de cero a la hora de divulgar cualquier conocimiento, y en física, nuestros lectores es muy probable que no sepan nada de ella.

Es muy común entre investigadores y maestros que en un artículo o libro traten de mostrar todo lo que saben sobre un tema, como si fuera un examen, cuando sus lectores no saben lo más elemental sobre dicho tema. Dichos lectores, al darse cuenta que no poseen el nivel de conocimientos sobre el tema, abandonan la lectura del texto, porque el autor no les ha proporcionado los elementos para entenderlo. Cuando se escribe para niños hay que saber el nivel de conocimientos que poseen. Cuando se escribe para los adultos que no conocen sobre ciencia, o física en particular, hay que saber cuál es su nivel de preparación. Lo más común es que maestros e investigadores escriben para que los entiendan sus colegas y creen que en un artículo o libro de divulgación deben demostrar todo lo que saben sobre un tema, en lugar, de ponerse en el lugar de los lectores y tal vez explicarles únicamente lo que son las tres leyes de Newton, la ley de la palanca o el principio de Arquímedes, de manera clara, sencilla y que los motive a acercarse al estudio de la ciencia.

A partir de lo anterior, puede comprenderse que existen muchas más publicaciones (en periódicos, revistas y libros, así como Internet) dirigidas a lectores universitarios, en lugar de niños y jóvenes, quienes conforman, junto con los adultos sin preparación, la población mayoritaria del país, para quienes hay que dirigir la divulgación de la ciencia, en general, y la física, en particular.

Resulta de particular relevancia, darse cuenta que la mayoría de la población mexicana, no posee conocimientos de ciencia, y de física en particular. Por ello, la mayor parte de la divulgación de la física tiene que realizarse a un nivel elemental, donde se expliquen los principios fundamentales de física y éstos estén ligados a la vida cotidiana. En orden de prioridades, los mexicanos tenemos primero que conocer sobre física elemental, y

posteriormente, saber que el perihelio de Mercurio se desplaza en su órbita 2 segundos de arco por siglo, de acuerdo con la teoría de la relatividad. Es muy bonito saber que $E=mc^2$, pero muy triste, confundir la masa y el peso, que la velocidad de la luz es la más alta que se puede alcanzar cualquier objeto en la naturaleza o no entender que las naves espaciales llegan hoy a Marte o a la Luna, gracias al conocimiento de las leyes de Newton. Hay que acercar la física a la mayoría de la población, para que cambie la imagen de ésta.

4.2.4. Contenido científico

En contenido científico o técnico de cualquier artículo o libro de divulgación debe ser correcto. Para ello, debemos contar con la supervisión de algún científico que conozca del tema o prepararnos y estudiar para no cometer errores.

Por supuesto que el contenido científico o técnico en la divulgación de la ciencia, y de la física, en particular, nunca será exacto. En este sentido, vale la pena hacer notar la afirmación de Manuel Calvo Hernando, sobre la dicotomía entre la claridad y la exactitud. Conforme, avanzamos en el conocimiento de la ciencia en general, y la física, en particular, nos damos cuenta que las generalizaciones que hacemos sobre la física están cada vez más acotadas o restringidas conforme avanzamos en el conocimiento de dicha disciplina. También nos damos cuenta que las herramientas matemáticas son cada vez más poderosas y que el entendimiento de la física se vuelve más simple si poseemos las herramientas matemáticas adecuadas, cosa que no sabemos en los primeros acercamientos a la física (en primaria, secundaria y la mayor parte de preparatoria). Entender la mecánica, si se sabe cálculo, resulta más fácil que si se desconoce. Pero aprendemos cálculo en el último año de la preparatoria. Vemos las fórmulas de la mecánica en secundaria como un mago que saca las fórmulas de la manga, sin entender de dónde salen. Casi como una creencia religiosa, le creemos al maestro por el principio de autoridad.

El contenido científico y técnico de los artículos y libros de divulgación es fundamental para que cualquier artículo o libro llegue a grandes sectores de la población. Cualquier error es un factor de desinformación para la población, cuya corrección supone una tarea titánica. La divulgación de la ciencia escrita supone una responsabilidad de los divulgadores para que los contenidos científicos o técnicos sean correctos, dentro de los márgenes de la

corrección. En este sentido, Manuel Calvo Hernando hace la diferencia entre la exactitud y la claridad. Y aquí hay que tomar partido. La exactitud es una de las características de los científicos y técnicos. Pero para divulgar la ciencia, en general, y la física en particular, necesariamente se pierden algunas de las características de precisión, lo cual no significa el entender el concepto fundamental. En la divulgación de la ciencia no podemos ser investigadores en física, pero sí, entender algún concepto fundamental de física. Esa es la gran diferencia.

En cualquier caso, los conceptos de lo que deseamos divulgar deben ser correctos. Y para ello, si no estamos seguros, necesitamos de alguien que nos diga que son correctos. No hacerlo, representa desinformar sobre la ciencia y la técnica, lo cual supone corregir lo que han entendido miles y miles de personas. Tarea prácticamente imposible; por ello, los divulgadores tienen una gran responsabilidad.

4.2.5. Proporcionar una estructura del texto

Esta recomendación se refiere a ordenar nuestras ideas. La forma más sencilla es la que hemos aprendido después de hacer cientos de trabajos escolares, en la cual, empleamos la introducción, el desarrollo del tema y la conclusión. Otra sugerencia que hacen los periodistas científicos es comenzar por el final, es decir, dar un breve resumen de lo que se va a decir que resulte relevante.

La estructura de un artículo o libro de divulgación supone ordenar las ideas que se van a escribir y dicho orden lo agradecen los lectores. Puede ser tan complejo como queramos, pero al fin y al cabo se trata de ordenar nuestras ideas.

4.2.6. Motivar a los lectores

La motivación es tal vez una de las características más importantes de la divulgación de la ciencia y que la distingue de los libros de texto o la educación formal. Los divulgadores de la ciencia, dado que no poseemos un público o lectores cautivos, tenemos que emplear todos nuestros recursos literarios y creatividad para atraer a los lectores (o en general, al público).

Aquí es donde se ponen en juego todas las características creativas de un divulgador o equipo de divulgación, sin perder de vista el objetivo final.

Para ello, algunas cualidades que debe poseer un texto de divulgación son:

Proporcionar la información científica o técnica o el desarrollo de una idea científica en su contexto. Por ejemplo, decir que la Tierra es un planeta inmenso carece de contexto. Habría que aclarar que para nosotros los seres humanos es un planeta inmenso, pero en la escala astronómica resulta insignificante.

El empleo de la anécdota, la metáfora y la analogía. Cuando tratamos de explicar algún concepto físico, como el principio de Arquímedes, recurrimos a la anécdota del descubrimiento cuando el propio Arquímedes se encontraba en la tina y se dio cuenta de que su peso era igual al volumen del líquido desalojado en la tina, y a continuación salió corriendo desnudo diciendo: ¡Eureka, lo he hallado! La historia puede no ser real, al igual que la manzana de Newton o las pelotas que tiró Galileo desde la Torre de Pisa, pero nos proporciona un imagen rápida y cotidiana para entender el principio. En todos estos casos se trata de una anécdota que nos hace más humano el principio, recurriendo a la leyenda.

La metáfora se entiende como la aplicación de una palabra o de una expresión a un objeto o a un concepto, al cual no denota literalmente, con el fin de sugerir una comparación y facilitar su comprensión. El primer modelo de la mecánica cuántica para entender el átomo proporcionado por Niels Bohr, hacía la metáfora del átomo como un sistema planetario, en el cual el núcleo está constituido por el Sol, y los planetas, es decir, los electrones giran en órbitas alrededor de éste. La metáfora del átomo como un sistema planetario, nos permite entender a un nivel elemental cómo giran los electrones. Posteriormente, se demostró que esa metáfora era inadecuada porque no podemos decir con precisión dónde está un electrón y sólo existe una cierta probabilidad de localizarlo en determinado lugar, cosa que no ocurre con los planetas. Pero para entender que los electrones están en órbitas y que existe un núcleo central la metáfora resulta adecuada. La mejor metáfora para comprender la estructura del ADN es compararla con una escalera de caracol, una metáfora que nos hace accesible entender su estructura. O comparar a un cometa como una masa de hielo sucio de alrededor de 10 km de diámetro.

En relación con la analogía se trata de un concepto semejante que facilita la comprensión de cosas diferentes. Por ejemplo, estar sin gravedad es como flotar en el

espacio, o para que se entienda que tan rápida es la luz, un rayo del Sol tarda 8 minutos en llegar a la Tierra.

Los modelos que emplea la ciencia, y la física, en particular, son representaciones aproximadas de fenómenos naturales que se describen matemáticamente con una ley o principio general.

Emplear la historia y la filosofía de la ciencia es esencial para divulgar la ciencia. En el caso de la historia permite entender que es una creación humana, entender que un científico es una persona de carne y hueso, con todas sus virtudes y desventajas, y en el caso de la filosofía de la ciencia, comprender principios generales como el determinismo o el indeterminismo, el creacionismo o la evolución darwiniana. La filosofía es la base de unificación de las grandes corrientes científicas, la síntesis del pensamiento científico, la generalización del pensamiento humano, la abstracción conceptual de la mente humana y de las ideas de hombre.

El empleo de los géneros periodísticos o los recursos de cualquier escritor, llámense saber hacer un buen reportaje, entrevista, nota informativa o, en el caso de la literatura, hacer una buena narración, ensayo, diálogo, obra de teatro, poema o guión, es una característica insoslayable de un buen divulgador.

Finalmente, la comparación y los ejemplos, acercan a los lectores para entender lo que tratamos de explicar. Decir que el tiro parabólico es la trayectoria que sigue un balón cuando lo pateamos nos permite entenderlo.

Otro consejo útil es definir los términos científicos y técnicos para que sean accesibles a nuestros lectores.

Motivar a nuestros lectores supone poner en juego todas nuestras virtudes creativas para que nuestros lectores potenciales se acerquen a la ciencia.

4.2.7. Conocer el medio

Cada medio de divulgación posee sus particularidades que debemos conocer y aprovechar. Un texto periodístico tiene que ser breve y conciso. Atrapar a los lectores desde el título y el balazo. Un artículo de divulgación en una revista debe emplear los mismos recursos, pero tener un resumen atractivo para los lectores, proporcionar subtítulos interesantes, un buen

diseño, ilustraciones, fotografías vistosas y recuadros, todo para apoyar el texto. Un buen libro, portada y diseño atractivos, un índice que motive a los lectores, claridad en la exposición, ilustraciones o diagramas que complementen el texto, pertinencia en el desarrollo del tema y tipografía legible, por mencionar sólo algunos. La extensión de los artículos es fundamental en cada medio y para cada tipo de lector.

4.3 Análisis de algunos artículos y libros de física de divulgación

Antes de empezar el análisis quiero hacer algunas aclaraciones. En primer lugar, que se trata de extractos de artículos y libros, por razones de espacio; y por ello, en ocasiones, el análisis puede parecer fuera de contexto (se proporciona la referencia completa para que los lectores interesados lean todo el artículo o el libro). En segundo lugar, que con la selección únicamente se pretende ejemplificar algunas de las características que deben satisfacer los artículos o libros de divulgación de física de calidad, que se señalaron anteriormente. Y, finalmente, que la selección, aunque pretende mostrar ejemplos de divulgación en física de calidad, también es subjetiva y representa mi gusto o afinidad particular hacia los divulgadores que he escogido; también los divulgadores de la ciencia somos personas de carne y hueso. Los lectores tienen la última palabra.

Ana María Sánchez Mora.

En el libro de Ana María Sánchez Mora, *Relatos de ciencia*, ADN Editores-Conaculta, México, 2002, pp. 117-120, se incluye el cuento “Don Romualdo, la masa y el peso” que reproducimos a continuación:

“Don Romualdo, no por nada, es uno de los personajes más conspicuos del barrio donde vivo. Es dueño de la tortillería de la cuadra, donde, maravilla de maravillas, las tortillas todavía son de maíz. A esta razón se deben las largas colas a la una de la tarde bajo el sol despiadado de Contreras. A esta sola razón, porque si el vecindario juzgara no por el sabor de las tortillas, sino por el carácter de su despachador, estoy segura de que el establecimiento habría ido a la quiebra hace ya bastante tiempo.

“Don Romualdo es hosco, seco, malencarado. Pero no es sólo eso. Su balanza es de poco fiar (no obstante los sellos que la aprueban) y en caso de duda, siempre la resuelve a su favor. Si un cliente le reclama, don Romualdo es capaz de partir salomónicamente

una tortilla con tal de no ceder en un gramo. Para colmo de abusos, casi nunca tiene cambio y entonces lo “completa” con tortillas, pero a un precio fuera de la tarifa oficial.

Y heme aquí un soleado mediodía, formada en la larga cola compuesta por amas de casa, albañiles, niños acomodados, jóvenes con uniforme de secundaria y domésticas de las casas ricas. La espera tiene trazas de durar.

“De repente, los acongojados parroquianos dejamos de oír el rechinido de las máquina torilladora. Un engrane se ha atascado.

“Un operario sudoroso aparece por la trastienda y pinzas en ristre se inclina a revisar la máquina. Don Romualdo permanece inmóvil y en silencio.

“De atrás de la fila se oye una voz de mujer.

“—Uy, sólo esto nos faltaba. Además de los kilos de 800 gramos...

“—Es cierto —responde otra señora—; don Romualdo roba en el peso.

“—Y también en la masa — interviene un risueño albañil.

“—Los kilos de don Romualdo son kilos completos... pero en Mazatlán —dice con aire doctouno de los jovenzuelos.

“Los parroquianos lo miran entre incrédulos y jocosos.

“—Oiga —dice una con pinta de cocinera—, ¿a poco la masa se hincha en clima húmedo?

“—No, señora — responde el letrado—, simplemente la atracción gravitatoria es mayor a nivel del mar.

“—Pero no estamos hablando de peso, sino de masa —digo como no queriendo— y ésa no cambia. El peso, en efecto, es la atracción de la gravedad y puede medirse directamente por medios de una balanza de resorte. Pero toma en cuenta que don Romualdo no utiliza una balanza de resorte, sino una báscula con una pesa, que es una masa patrón.

“—¿Ya me hablan? —pregunta una doméstica distraída. Nadie la toma en cuenta.

“—La báscula sirve para comparar masas —continúo diciendo—. Un kilo de masa es un kilo lo mismo en Mazatlán, que aquí o que en el Citlaltépetl, siempre y cuando se use el mismo patrón. Lo que varía según la distancia al centro de la Tierra es el peso, es decir —prosigo—, la atracción de la gravedad.

“El operario levanta la cabeza y nos tranquiliza.

“No, no es nada grave, ahorita lo arreglo —y se vuelve a sumergir en los engranes.

“—Entonces —dice el jovenzuelo sonriendo por primera vez— don Romualdo no pesa las tortillas.. ¿Qué es lo que hace?

“—Lo que hace es comparar masas. El kilogramo es una unidad de masa, no de peso y sin embargo llamamos “pesar” a la acción de comparar dos masas. Para colmo, eso que llamamos “pesas” en una balanza, en realidad son masas.

“—Oye tú —dice una señora a su vecina en la cola—, ya les está haciendo daño el sol.

“—Para conocer el peso verdadero de una masa de un kilogramo —continúo sin sentirme aludida— tendríamos que calcular la intensidad de la atracción gravitatoria en el lugar que nos interese.

“—Con razón —interviene otro de los jóvenes— decía un maestro el otro día que en la Luna las cosas pesan menos que aquí, en la Tierra.

“—Cierto —añadió—, la tracción gravitacional de la Luna es menor porque la masa en menor.

“—¿Y entonces qué es la masa?”

“—Todos los objetos tienen una propiedad llamada inercia. Esto quiere decir que los objetos ofrecen resistencia a cambiar su estado de movimiento. Por ejemplo, es más difícil empujar un camión que un coche, porque el camión tiene más inercia que el coche. La inercia de un cuerpo está directamente relacionada con la masa: la masa es una medida de la inercia.

“—La masa sirve para hacer tortillas —dice la cocinera con cierto tono de burla.

“El rechinado encantador de la tortilladora recomienza. Se oye un suspiro generalizado y los jóvenes regresan a su lugar en la cola.

“Don Romualdo despacha, sombrero. Cuando llega mi turno, mientras envuelvo mi kilo de tortillas, me dice en voz alta para que todos oigan:

“—Aquí la masa es de puro maíz y mis kilos son de mil gramos. Y los pesos... son pesos.

“Y recoge el dinero que cabo de dejar sobre la mesa.”

Aquí la autora ha estudiado y conoce el tema que divulga. El lenguaje que emplea es claro y sencillo para los lectores, se trata de un lenguaje cotidiano que empleamos todos los días. También se pone en el lugar de los lectores, en este caso lectores con una preparación de primaria o secundaria. El contenido científico del relato es correcto, dado que comúnmente confundimos los conceptos de masa y peso, por el lenguaje que empleamos cotidianamente. Sería más recomendable decir ¿cuánto masas?, en lugar de ¿cuánto pesas?, concepto que se ha señalado en los libros de física de secundaria. Todos tenemos más o menos la misma masa, pero nuestro peso cambia dependiendo del lugar o planeta en el que nos encontremos, debido a la ley de la Gravitación Universal y a la segunda ley de Newton. La estructura del texto es correcta, dado que empieza la historia de la compra de las tortillas y termina cuando se las entregan. Cumple con la característica de motivar a los lectores, una de las características que he señalado fundamental y que debe cumplir la divulgación de la ciencia; en este caso, lo hace en todos sentidos; el sentido de humor de la autora es excelente y añadiría uno de los mejores que he encontrado en la divulgación de la ciencia; la narración y el diálogo son impecables. Finalmente, la autora conoce el medio, la literatura, y lo aprovecha con sus recursos literarios, el diálogo, las referencias cotidianas y los conceptos científicos. Si algo tuviéramos que criticarle a Ana María Sánchez sería como un pelo en la sopa, el empleo de kilos en lugar de kilogramos, que se emplea en el lenguaje cotidiano y que en realidad no es un problema atribuible a ella, sino a quienes decidieron que la unidad fundamental debía ser el kilogramo y no el gramo, porque se emplea el

prefijo kilo. Pero en el lenguaje cotidiano empleamos la palabra kilo y todo mundo entiende que nos referimos a los kilogramos.

Christine Allen Armiño.

En la revista *Ciencia y Desarrollo*, del CONACYT, Núm. 54 Vol. IX, de enero-febrero, 1984, Christine Allen escribió dentro de la serie “Catástrofes terrestres de origen cósmico. Segunda parte: La extinción de los dinosaurios”, como parte de la sección Descubriendo el Universo, escrita por Christine Allen, Arcadio Poveda y José de la Herrán. Posteriormente, en noviembre de 1985 y en febrero de 1986, dicho artículo se volvió a publicar en un número especial de *Ciencia y Desarrollo* dedicado a El cometa de Halley (con motivo de su cercanía), bajo el título “La extinción de los dinosaurios”, escrito por Christine Allen y del que hemos tomado algunas partes:

“Hace 65 millones de años la superficie de la Tierra presentaba un aspecto muy distinto del que en la actualidad nos es familiar. Era un mundo de grandes mares (85% de la superficie terrestre estaba cubierta por ellos) y extensas llanuras; casi ni había montañas. África y América del Sur acababan de separarse, y la región hoy ocupada por Centroamérica era mar. El clima era cálido y benigno, y las temperaturas en el mar rara vez descendían por debajo de los 15 °C, o sobrepasaban los 35 °C. En las planicies terrestres se daba una exuberante vegetación; grandes plantas y frondosos árboles cubrían las enormes llanuras y tanto éstas como los tibios mares albergaban una rica y vasta fauna. Algunos pájaros ya surcaban los cielos, y pequeños mamíferos roedores corrían veloces entre la maleza. Pero los amos supremos de este acogedor mundo eran, sin duda alguna, los reptiles gigantes y particularmente los dinosaurios.

“Esta bucólica época, que había empezado hace 225 millones de años, estaba a punto de terminar. Se conoce como *era Mesozoica*, y se divide a su vez en tres periodos, el Triásico, el Jurásico y el Cretáceo. Los dinosaurios (palabra que procede de la expresión griega “terribles lagartos”) aparecen por primera vez hace unos 200 millones de años. Hacia el fin del periodo Cretáceo llevaban ya más de 135 millones de años de evolución y se habían extendido sobre todos los continentes, contrariamente a lo que se cree, estaban admirablemente bien adaptados a su medio ambiente. Había dinosaurios herbívoros y carnívoros, bípedos y cuadrúpedos, terrestres y acuáticos. Los dinosaurios gigantes llegaban a medir unos 25 metros de largo y pesaban más de 80 toneladas [...]

“Hace 65 millones de años los dinosaurios se extinguieron, repentina y misteriosamente. Después de haber existido durante un lapso de aproximadamente 135 millones de años, desaparecieron completamente en un lapso de 30 mil años, es decir, un abrir y cerrar de ojos, geológicamente hablando. Junto con los dinosaurios se extinguieron también súbitamente muchas otras especies terrestres y marinas. La mayor parte de las formas de

vida que hasta entonces habían evolucionado sobre la Tierra en cientos de millones de años desaparecieron para no volverse a ver jamás. Se estima que más del 60% de las especies perecieron irremisiblemente. Un evento capaz de provocar extinciones de esta magnitud en especies tan diversas y distintas como los reptiles gigantes y los diminutos foraminíferos constituye, indudablemente, una gran catástrofe [...]

“Cuál fue la causa de esa gran catástrofe? Se han propuesto muchas teorías para explicarla, pero ninguna goza aún de unánime aceptación. Quizás la mayor dificultad a la que se enfrentan es la necesidad de explicar la extinción simultánea no sólo de los dinosaurios, sino también de la mayor parte de las especies, tanto terrestres como marinas.

“Aunque aún cuenta con ruidosos adversarios, la explicación más aceptada, en nuestros días, para las grandes extinciones que caracterizan el fin del periodo Cretáceo ha sido propuesta por el físico estadounidense Luis W. Álvarez y sus colaboradores, Walter Alvarez, Frank Asaro y Helen Michel, del laboratorio Lawrence de Berkeley, California. Esta teoría relaciona las grandes extinciones ocurridas hace 65 millones de años con el impacto sobre la superficie de la Tierra de un gran meteorito, asteroide o núcleo cometario.

“La observación crucial que llevó a Álvarez y su grupo a proponer un origen extraterrestre para la gran catástrofe fue el descubrimiento de una anomalía en la composición química del estrato geológico que marca el fin del periodo Cretáceo y el principio del periodo Terciario. Este estrato geológico es una delgada capa de barro que se conoce como “capa CT”[...]

“En resumen, si se juzga la teoría del meteorito por su capacidad predictiva puede considerarse que es una teoría exitosa. Sin embargo, aún tenemos que detallar el proceso responsable de la extinción de más del 60% de las especies. Para ello, se han propuesto varias alternativas. Aunque el proceso real probablemente haya sido una combinación de ellas, la más sencilla, la muerte por oscuridad, es suficientemente efectiva, y nos limitaremos a su descripción.

“El meteorito propuesto por Álvarez y su grupo tenía un diámetro de unos 10 km; chocó con la Tierra hace 65 millones de años, a una velocidad de unos 20 kilómetros por segundo. Su masa era del orden de un billón de toneladas y su composición química, la de las condritas carbonáceas. Al estrellarse en la Tierra ocasionó una tremenda explosión, levantó una nube de polvo que en poco tiempo se extendió por todo el planeta y produjo sin duda un enorme cráter de alrededor de 10 km de diámetro. La energía liberada en la explosión fue de aproximadamente 100 millones de megatones. Esta energía es más de 10 mil veces mayor que la que se liberaría si todas las bombas nucleares existentes en los arsenales terrestres explotaran simultáneamente. El impacto de este meteorito representa así una gran catástrofe de origen cósmico, que tal vez se cuente entre las mayores sufridas por nuestro planeta, y ciertamente la mayor de que tenemos evidencia.

“La espesa nube de polvo levantada por la explosión se esparció en toda la atmósfera y atenuó drásticamente la luz solar durante cerca de seis meses. Como consecuencia de esto, cesó la fotosíntesis del plancton marino y las cadenas alimentarias basadas en él se cortaron en su raíz; con ello, gran parte de las especies marinas fueron condenadas a muerte. Sobre la superficie terrestre la oscuridad también ocasionó la muerte de muchas plantas. Los animales herbívoros murieron de inanición y sus predadores, los carnívoros, los siguieron poco tiempo después.

“Las mortíferas consecuencias de la oscuridad causada por polvo en la atmósfera no deben sorprendernos; recordemos que hace unos pocos años, después de la erupción del

Chichonaal, se observaron crepúsculos rojos durante varios meses; éstos fueron consecuencia del polvo que el volcán arrojó a nuestra atmósfera. Menos conocido, es el hecho de que la temperatura medida en diversos sitios del continente americano sufrió un descenso de varios grados, y que este descenso fue registrado durante algunos meses. Hay que tomar en cuenta que la explosión de un volcán es un evento minúsculo comparado con el impacto de un meteorito de un billón de toneladas.

“Para finalizar, podemos preguntarnos dónde está el cráter que debió dejar el meteorito al chocar. La respuesta a esta pregunta no se conoce aún. Se estima que el diámetro del cráter producido por el impacto fue mayor a los 100 kilómetros. Entre los cráteres meteoríticos conocidos, ninguno tiene exactamente la edad y el diámetro requeridos. En la figura 25 [aquí no se incluye, nota del autor] se muestra un gran cráter meteorítico formado hace 200 millones de años, que se localiza en Canadá, en la parte noreste de la provincia del Quebec; su diámetro es de más de 60 kilómetros y su origen meteorítico parece estar confirmado. El buen estado de este cráter, pese a su gran edad, se debe a que la mayor parte del tiempo ha permanecido bajo capas de sedimentos; en épocas relativamente recientes la acción glacial lo exhumó. Al contemplar este cráter no puedo uno evitar preguntarse si está relacionado con alguna anomalía química o qué efectos tuvo su impacto sobre la evolución de las especies terrestres y marinas y cómo podrían descubrirse y medirse esos efectos. Éstas y otras muchas preguntas seguramente tendrán respuesta en un futuro próximo.”

En este artículo de Christine Allen lo primero que llama la atención es que ha estudiado y conoce el tema, dado que es astrónoma y además divulgadora de la ciencia. Emplea un lenguaje claro y sencillo para los lectores a los que se dirige y cuando emplea un término técnico o un concepto científico de difícil comprensión trata de explicarlo a continuación. Por ejemplo, dice Christine:

“La observación crucial que llevó a Álvarez y su grupo a proponer un origen extraterrestre para la gran catástrofe fue el descubrimiento de una anomalía en la composición química del estrato geológico que marca el fin del periodo Cretáceo y el principio del periodo Terciario. Este estrato geológico es una delgada capa de barro que se conoce como “capa CT”.”

También, hoy sabemos que se emplea el término límite KT, dado que los geólogos emplean la letra K para simbolizar al Cretácico, debido al término alemán Kreide (Creta). También, el artículo de Christine Allen demuestra que se pone en el lugar de los lectores, en este caso estudiantes universitarios o de preparatoria, con conocimientos elementales de ciencia y capaces de leer un artículo largo y que requiere seguir diferentes argumentaciones.

El artículo posee una estructura que va de lo general a lo particular. Explica cómo era la situación de la Tierra hace 65 millones de años. Cómo vivían los dinosaurios desde hace

200 millones de años hasta la extinción de hace 65 millones de años, qué hubiera ocurrido si no se extinguieran, las hipótesis de su extinción de un choque de un meteorito, asteroide o cometa, hasta la conclusión de tratar de encontrar el cráter producido por el impacto que no se había encontrado (hasta 1986 cuando se reeditó el artículo).

En relación con el contenido científico, creo que el artículo de Christine Allen es un ejemplo de cómo debemos manejar los divulgadores los temas de frontera en ciencia.

Afirma:

“Aunque aún cuenta con ruidosos adversarios, la explicación más aceptada, en nuestros días, para las grandes extinciones que caracterizan el fin del periodo Cretáceo ha sido propuesta por el físico estadounidense Luis W. Álvarez y sus colaboradores, Walter Álvarez, Frank Asaro y Helen Michel, del laboratorio Lawrence de Berkeley, California. Esta teoría relaciona las grandes extinciones ocurridas hace 65 millones de años con el impacto sobre la superficie de la Tierra de un gran meteorito, asteroide o núcleo cometario.”

Nótese que la autora proporciona la explicación más aceptada, pero no la única, lo cual ocurre frecuentemente en la investigación científica. En la conclusión Christine señala:

“Para finalizar, podemos preguntarnos dónde está el cráter que debió dejar el meteorito al chocar. La respuesta a esta pregunta no se conoce aún.”

A continuación nos habla de un cráter que se ha encontrado cerca de Québec que pudiera ser el esperado, pero como divulgadora de la ciencia se abstiene de decir que aunque le hubiera gustado que éste fuera, porque además nos proporciona la fotografía. En divulgación de la ciencia pocas veces nos encontramos con la conclusión: la respuesta no se conoce aún, proceso muy común en la investigación científica y que tenemos el deber de transmitir a los lectores como parte de la forma de trabajo de los científicos (por no referirse al mal entendido método científico como receta de cocina). Y, ¡qué bueno que Christine Allen lo hizo así!, porque entre 1991 y 1992, según refiere Walter Álvarez⁴², fue cuando se encontró (después de 10 años de búsqueda, incluyendo al cráter de Quebec) el famoso cráter que pudo provocar la extinción de los dinosaurios, el cráter de Chicxulub, que se encuentra en la costa de Yucatán, nada menos que en nuestro país, en México. Aquí

⁴² Alvarez, Walter, *Tyrannosaurus rex y el cráter de la muerte*, Colección Drakontos, Crítica, España, 1998.

haré un paréntesis para señalar que algunos autores en España y EE.UU., se refieren a él como el cráter de la muerte, pero a pesar de que dicha denominación hace una mención correcta sobre la muerte de los dinosaurios, emplear el término cráter de la muerte saca de contexto la información. Más allá de las consideraciones anteriores desearíamos tener entre nuestras filas a divulgadores de la ciencia que conozcan los temas de frontera seriamente (a partir de las fuentes originales) y los traten de llevar a los grandes lectores en su justa dimensión y con toda la pasión que provoca aprender algo nuevo, para lo que tal vez todavía no se tiene una respuesta definitiva, pero que si nos dedicamos a estudiar ciencia podemos encontrarla. Ni que decir en cuanto al manejo del medio, las revistas, de la autora, con gran cantidad de ilustraciones, fotografías y gráficas que apoyan lo que dice en su artículo.

Horacio García Fernández.

A continuación incluyo un muy breve extracto del libro *La bomba y sus hombres*, de Horacio García Fernández, Colección Viaje al Centro de la Ciencia, Núm. 9, ADN Editores-Conaculta, México, 1997. La parte que incluyo se titula "Errar es humano". Rutherford se equivoca:

"Conviene detenernos un poco y recapitular sobre lo que en octubre de 1934 ya se conocía, se estudiaba y descubría.

"A partir del estudio de la radiactividad y de la transmutación artificial, la visión del átomo se había modificado radicalmente. Los descubrimientos del neutrón, del positrón y de la radiactividad inducida habían acelerado el ritmo de trabajo.

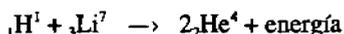
"En 1933-1934, después de explicar la desintegración β y descubrir la forma de elevar la intensidad de emisión de neutrones, así como "moderar" su energía, el ambiente científico estaba en plena ebullición.

"Existía una línea, paralela a la descrita, en el campo de desarrollo de aparatos usados en la investigación nuclear y eso también iba a resultar fundamental.

"A principios de la década de los años treinta surgió una gran cantidad de aparatos dedicados a aumentar la energía de los proyectiles lanzados contra los núcleos; se fabricaban los primeros aceleradores de partículas. Robert Van de Graaff y Ernest O. Lawrence, en Estados Unidos, y John D. Cockcroft y Ernest T. S. Walton, en Inglaterra, se adelantaron en ese campo. El de Van de Graaff era un acelerador electrostático que estaba listo para ser usado en Princeton, Estados Unidos, en 1931.

"Sin embargo, la primera división nuclear en un acelerador fue lograda por Cockcroft y Walton en Cambridge, Inglaterra, en 1932. En su aparato, mucho más modesto que el de

Van de Graaff, aceleraron protones dirigiéndolos contra litio; el resultado fue la ruptura de éste y la formación de helio:



“Entre los resultados importantes de esta experiencia, se encuentra la medición del primer defecto de masa obtenido en laboratorio, lo que constituyó también la primera confirmación experimental de la ecuación de Einstein: $E = mc^2$, y la primera prueba de que los fenómenos nucleares podían liberar energía.

“Cockcroft y Walton habían dividido el núcleo atómico. Contrario a lo que podía pensarse, este resultado fue acogido con serias reservas, incluso por el mismo Lord Rutherford, quien siempre creyó que las posibilidades prácticas de aprovechar esa energía eran nulas: “Estas transformaciones del átomo son de extraordinario interés para los científicos, pero no podemos controlar la energía atómica hasta el punto en que pueda tener valor comercial, *ni creo que nunca seamos capaces de hacerlo*. Se han dicho muchas tonterías sobre las transmutaciones. Nuestro interés en la materia es puramente científico.”

“Así se expresó en 1933 el pionero en la investigación nuclear, Ernest O. Rutherford, Premio Nobel de 1908 y maestro de muchos otros Premio Nobel, ante la Asociación Británica. Entre los oyentes se encontraba un físico húngaro, refugiado en Inglaterra: Leo Szilard.”

El texto de Horacio García se debe poner en contexto, lo cual lo proporciona el libro, y es que Rutherford propuso el modelo actual que tenemos del átomo constituido de un núcleo central de carga positiva y electrones girando a su alrededor, en 1911, a partir de sus experimentos de bombardear átomos de oro con una fuente de polonio que producía protones. Hoy, casi un siglo después, es el modelo atómico que tiene la mayoría de la población, el cual hasta ciertos límites sigue siendo correcto, si no consideramos a la mecánica cuántica: las órbitas permitidas de los electrones, o la probabilidad de encontrar un electrón en determinado lugar, así como la existencia comprobada de los quarks (y no cuarks que está mal escrito y no respeta la grafía original de la que salió en nombre).

El extracto que hemos seleccionado cumple con todas las características que hemos señalado debe cumplir un libro o artículo de divulgación, en este caso dirigido a lectores que posean una preparación de secundaria.

Uno de los aspectos que debo señalar es cómo logra Horacio García la motivación de los lectores. La respuesta es empleando los recursos del divulgador, en este caso la historia de la ciencia y su contexto social y humano. Rutherford, a pesar de ser un gran científico es un ser humano y como tal puede equivocarse y lo hace como lo demuestra la cita de Horacio García. La moraleja errónea sería que no hay que estudiar los principios de la ciencia,

porque los científicos se equivocan, la correcta es entender sus aportaciones y conceptos y no verlos como dioses: la ciencia avanza poco a poco de los errores, pero lo poco que avanza nos permite entender mejor el mundo y vivir mejor (otras áreas no están dispuestas a aceptar que están equivocadas durante siglos, ni a modificar sus principios, a pesar del daño que puedan ocasionarle a la propia humanidad). Quienes creen en el hombre estudian y entienden la ciencia. En la enseñanza tradicional vemos a los científicos como héroes de película y en la propia carrera de física la historia de la ciencia que aprendemos es sumamente pobre y en muchos casos deformada, como apreciamos en este ejemplo. La importancia de la divulgación que realiza Horacio García es, por un lado, y tal vez la más importante, ver a la ciencia como una actividad humana más, apasionante, con reglas y principios, pero sujeta a la mente humana, con logros y errores, buenos momentos y tristezas: una actividad social, y por el otro, estudiar seriamente la historia y filosofía de la ciencia y no verlas como un aspecto puramente decorativo en la enseñanza de las ciencias.

Miguel Ángel Herrera Andrade.

Del artículo “La exploración del espacio”, de Miguel Ángel Herrera, aparecido en la revista *¿Cómo ves?*, Año 4 Núm. 38, de enero de 2002, de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 2002, tomamos dos extractos del artículo que corresponden al principio y el final:

“Es muy probable que el siglo XX sea recordado en la historia como “el siglo en que el hombre se lanzó a la conquista del espacio”. Aunque sin duda hubo otros logros enormes —los antibióticos, la teoría de la relatividad, el desciframiento del genoma humano y Asterix— creo que el atractivo un poco mágico del espacio hará que la aventura espacial sea considerada como el mayor de todos. Por ejemplo, cuando la Asociación Internacional para la Mujer del Año, establecida en 1955, decidió crear —y otorgar un premio especial para “La Mujer del Siglo”, la vencedora, fue Valentina Tereshkova, la primera mujer en salir al espacio.”

“Aunque todo empezó en el lejano oriente, en China, hace más de 2000 años, con el invento de los cohetes de pólvora, fue hasta fines del siglo XIX cuando el visionario Konstantin Tsiolkovsky, un maestro rural ruso, sordo y autodidacta, empezó a analizar las necesidades del vuelo espacial desde un punto de vista científico. Llegó a la conclusión de que la única manera de viajar a través del espacio es por medio de cohetes, llevó a cabo los primeros cálculos matemáticos de la cantidad de combustible y potencia de motores

requeridos para liberar a un objeto de la atracción gravitatoria de la Tierra, e incluso sugirió la construcción de estaciones espaciales donde los seres humanos pudieran habitar durante períodos prolongados de tiempo. Así dejó sembradas prácticamente todas las ideas que más tarde hasta convertirse en realidades. Por algo a Tsiolkovsky se le considera “El padre de la astronáutica”, aunque hay que reconocer que fue un padre más teórico que práctico, a pesar de que hizo varios experimentos y mediciones [...]

“La aventura humana.”

“La exploración del espacio no se ha limitado a nuestro sistema planetario. Con la puesta en órbita del Telescopio Espacial Hubble se inició una etapa de descubrimientos extraordinarios. Los detalles presentes en las imágenes han revelado hoyos negros en otras galaxias y en el centro de la nuestra, la explosión de estrellas, galaxias caníbales (incluyendo a la nuestra), estrellas enanas café, sistemas planetarios en nacimiento y un Universo poblado de galaxias y más galaxias hasta donde alcanza la “vista” del instrumento.

“Imposible concluir sin decir algo sobre la aventura humana en el espacio. El primer paso lo dio una vez más la Unión Soviética, en 1961, poniendo en órbita al primer cosmonauta, el piloto de pruebas Yuri Gagarin (los soviéticos tienen cosmonautas y los estadounidenses astronautas). Solamente dio una vuelta a la Tierra, antes de descender y ser recuperado sano y salvo. Su viaje en torno al planeta duró 108 minutos, bastante menos de los 1,084 días que empleó la tripulación de Magallanes en su viaje de circunnavegación. También fueron los soviéticos quienes lograron poner en órbita a la primera mujer en el espacio (dentro de una cápsula, por supuesto). Fue Valentina Tereshkova, quien en 1963 permaneció tres días en órbita. Sin embargo, a fin de cuentas, fueron los estadounidenses quienes verdaderamente conquistaron la Luna. El 20 de julio de 1969 descendió en ella Neil Armstrong, cumpliendo así la promesa (hecha en 1961, para aliviar un poco la vergüenza sufrida por la derrota en Bahía de Cochinos) del presidente Kennedy de poner un hombre en la Luna antes del fin de la década. Al primer viaje siguieron otros seis, cinco de los cuales llegaron a su destino, y ahí acabó la exploración “en vivo” de la Luna. En total 12 hombres pisaron la Luna —once militares y un geólogo—, y ellos son, hasta ahora, los únicos seres humanos que han estado en otro mundo. El último astronauta abandonó la Luna en 1972, y desde entonces ningún ser humano ha viajado tan lejos.

“Como toda aventura humana en busca de lo desconocido, la conquista del espacio ha tenido sus triunfos y sus fracasos, sus víctimas y sus héroes, sus críticos y sus admiradores, pero haciendo caso omiso de los males ha seguido siempre hacia delante. El siglo XX contempló cómo el hombre abandonaba el que fue su único hogar durante milenios y se lanzaba a la conquista de nuevos espacios, percatándose de que su destino futuro está en las estrellas. Por algo hace más de cien años Tsiolkovsky escribió: “La Tierra es la cuna del entendimiento, pero no se puede vivir siempre en la cuna.”

Miguel Ángel Herrera conoce el tema del que habla y lo estudió durante muchos años, ni que decir, del contenido científico. El lenguaje que emplea es claro y sencillo y su artículo posee una estructura. Se pone en el lugar de los lectores, en este caso lectores con educación media. Para motivar a los lectores emplea varios recursos de la divulgación de la

ciencia, como son la ironía, el contexto, el sentido del humor, la historia y la filosofía de la ciencia.

Ejemplos de ello son:

“Por algo a Tsiolkovsky se le considera “El padre de la astronáutica”, aunque hay que reconocer que fue un padre más teórico que práctico, a pesar de que hizo varios experimentos y mediciones.” (ironía). “El 20 de julio de 1969 descendió en ella Neil Armstrong, cumpliendo así la promesa (hecha en 1961, para aliviar un poco la vergüenza sufrida por la derrota en Bahía de Cochinos) del presidente Kennedy de poner un hombre en la Luna antes del fin de la década.” (ironía). “Su viaje en torno al planeta duró 108 minutos, bastante menos de los 1,084 días que empleó la tripulación de Magallanes en su viaje de circunnavegación.” (contexto y comparación). “Aunque sin duda hubo otros logros enormes —los antibióticos, la teoría de la relatividad, el desciframiento del genoma humano y Asterix— creo que el atractivo un poco mágico del espacio hará que la aventura espacial sea considerada como el mayor de todos.” (sentido del humor).

La historia de la ciencia queda presente a lo largo de todo el relato. Y en relación con la filosofía citaremos un ejemplo:

“Como toda aventura humana en busca de lo desconocido, la conquista del espacio ha tenido sus triunfos y sus fracasos, sus víctimas y sus héroes, sus críticos y sus admiradores, pero haciendo caso omiso de los males ha seguido siempre hacia delante.”

La ironía y el sentido del humor fueron algunas de las características sobresalientes de este gran divulgador de la ciencia, sin contar con su enorme cultura científica, histórica, filosófica y social.

Luis Estrada Martínez.

De la revista *¿Cómo ves?*, Año 3 Núm. 25, de diciembre de 2000, que publica la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, con motivo del centenario de la creación de la mecánica cuántica, Luis Estrada escribió el artículo “100 años de física cuántica”, del cual hemos tomado una muestra:

[...] “¿Qué es la física cuántica?”

“La naturaleza atómica de la materia es algo ahora aceptado. Sin embargo, la comprensión del mundo microscópico entraña muchas dificultades, ya que el comportamiento de sus componentes es muy diferente al de los que conforman el mundo de la vida cotidiana. Para explicar ese comportamiento fue necesario construir la física cuántica. Lo común es pensar que al aceptar que la materia tiene una estructura atómica se acepta también que toda sustancia está compuesta por partes irreducibles —átomos en su sentido literal— y que éstas son las partículas estudiadas en la mecánica newtoniana. Lo primero es correcto pero lo segundo no, ya que suponer que toda sustancia está compuesta por partículas puntuales conduce a predicciones falsas como las que tuvo que enfrentar Planck al estudiar la radiación del cuerpo negro. Veamos por qué.

“Cuando un haz luminoso incide en un vidrio parte de él lo atraviesa y la otra parte se refleja. Si consideramos que la luz está formada por fotones explicaríamos la experiencia anterior diciendo que la superficie del vidrio admite que algunos fotones sigan su camino y que otros boten y regresen. La aceptación de la estructura atómica obliga a responder qué sucede a cada componente, por lo que cabe preguntarse qué ocurriría si incide un solo fotón en la superficie del vidrio: ¿el fotón pasa o se regresa? Antes de tener una respuesta surge, inevitablemente, otra pregunta: ¿el fotón es una partícula puntual?”

“Para estudiar el comportamiento de los fotones la mecánica cuántica no empieza presuponiendo que tienen una forma específica, pues la noción de partícula que esa teoría ha elaborado es muy flexible y ajustable. Ese comportamiento se define en relación con el tipo de observación o experimento en el que intervendrá la partícula y ésta puede ser imaginada con modelos de la física clásica: una partícula o una onda. Así, cuando se trata de determinar imágenes formadas por cuerpos luminosos, como las estrellas, se emplea la noción de “rayo de luz”, trayectoria análoga a la que seguiría una partícula de las tratadas en los libros de mecánica newtoniana. Si para estudiar el mismo cuerpo se hace que la luz que emite provoque un efecto de interferencia, convendrá emplear la noción de onda luminosa, aunque el detector de luz sea un contador de fotones. Esto hace que muchos hablen de la “dualidad partícula-onda” cuando explican los fenómenos luminosos.

“La mecánica cuántica describe el comportamiento del fotón que incide en la superficie de un vidrio afirmando que se trata de un asunto de probabilidad: el fotón puede atravesar el vidrio o reflejarse de acuerdo con las propiedades de transparencia con las propiedades de transparencia y reflectividad del vidrio. Suponiendo que éstas sean en alguna forma igualmente posibles, la probabilidad de transmisión y de reflexión será la misma, esto es, el 50%. Lo que hay que subrayar es que el fotón pasa o no pasa, es decir, no pierde su individualidad. Esta forma de explicación ilustra una de las características básicas de la física cuántica: sólo da probabilidades y no las certezas a las que nos había acostumbrado la física clásica. En la física cuántica la probabilidad entra como un elemento fundamental e irreducible de la descripción de la naturaleza. En el ejemplo anterior no podemos decir si un fotón determinado pasará o no pasará hasta que no lo hayamos observado y esto no se debe a que nos falte información, sino a que hemos aprendido que así es su comportamiento.

“Lo dicho para los fotones —los “átomos” de luz— es válido para todas las partículas microscópicas. Los electrones, los protones y los neutrones, por ejemplo, se comportan a veces como ondas y a veces como partículas. Por eso los electrones pueden interferir y difractarse como los fotones cuando manifiestan su naturaleza ondulatoria, o bien seguir

trayectorias determinadas cuando exhiben el comportamiento de partículas. Pero aunque la descripción cuántica de las partículas parezca vaga ha sido de una utilidad asombrosa. La mecánica cuántica nos ha permitido explicar en "forma atómica" fenómenos que a primera vista no parecerían admitir tal tipo de explicación. Un ejemplo es describir la transmisión del sonido en una red cristalina como el paso de un haz de partículas llamadas fonones. De esta manera se explican ahora, en forma análoga a la propagación de la luz, las propiedades de la conducción del calor en muchos materiales sólidos.

"Hay muchas más particularidades de la física cuántica que nos están ayudando a entender los fenómenos del mundo microscópico y no hay lugar aquí para siquiera enumerarlos. Sin embargo, es imposible no mencionar algo que esa teoría nos ha mostrado: toda observación altera lo observado.

"Para ejemplificar este hecho se suele referir que para observar la posición de un electrón es preciso hacer incidir sobre él por lo menos un fotón y que esta interacción alterará la posición de esta partícula. En las palabras de uno de los creadores de la física cuántica, el profesor Dirac, *la fineza de nuestra capacidad para observar y la disminución de la perturbación ocasionada por esa acción tienen un límite, el cual es inherente a la naturaleza de las cosas*. El descubrimiento de que toda observación altera lo observado ha tenido consecuencias muy importantes en la construcción de la ciencia actual pues, como bien sabemos, la misma está basada en la observación de la naturaleza.

"La física cuántica hoy.

"Entre los logros más difundidos de la teoría cuántica está la física atómica moderna, disciplina que explica las propiedades de las componentes básicas de los elementos químicos. Así sabemos, por ejemplo, que el helio es un gas cuyos átomos están formados por dos electrones unidos por una fuerza eléctrica producida por un núcleo muy pesado. Las propiedades de este elemento pueden explicarse satisfactoriamente en términos de la teoría cuántica, tanto en forma cualitativa como cuantitativa. Esa misma teoría nos ha permitido construir la física nuclear, que explica cómo está formado el núcleo atómico y por qué tiene las propiedades que lo caracterizan. En el caso del helio esta disciplina también ha dilucidado por qué es tan pesado su núcleo y por qué su forma natural es estable. Sabemos asimismo que los protones y neutrones que componen los núcleos atómicos están a su vez compuestos por otras partículas y que sus propiedades pueden describirse en términos cuánticos. Todo lo que hemos aprendido del mundo microscópico está ahora escrito en el lenguaje de la física cuántica.

"En el otro extremo, el de lo grande del Universo, el conocimiento cuántico es también esencial. La vida de las estrellas y la formación de los elementos durante la evolución del Universo requieren del saber cuántico para su explicación. Más aún, el conocimiento de los primeros momentos de la existencia del Universo ha sido elaborado gracias al desarrollo de la física cuántica. La "forma" del Universo y la especulación acerca de su futuro son también temas que requieren de la física cuántica, aunque en este caso la aportación de esta teoría es todavía incipiente pues no contamos aún con una explicación cuántica de los fenómenos gravitatorios. Acerca de esto último cabe mencionar que hay ideas atractivas y promisorias que animan mucho la investigación en ese campo y que nos dan esperanza de extender con buen éxito nuestro conocimiento y confiar en que pronto dispondremos de una "teoría cuántica de la gravitación".

"En la vida cotidiana la presencia del conocimiento cuántico es cada día mayor aunque todavía encubierta. La comunicación mediante satélites y teléfonos celulares, las

computadoras y los lectores de discos compactos y códigos de barras emplean “circuitos integrados” —*chips*— para su funcionamiento, los cuales están formados por transistores, dispositivos hechos con semiconductores. El nombre de estos últimos proviene de que pueden ser o no ser conductores de la electricidad, de acuerdo con la forma en que los pongamos en operación y esta propiedad es de naturaleza cuántica. La electrónica actual y el creciente empleo de la fotónica —que usa la luz como base del funcionamiento de sus aparatos— están fundados en el conocimiento del mundo cuántico por lo que su divulgación es indispensable para comprender el mundo en que vivimos.”

En Luis Estrada queda claro que conoce el tema del que habla, así como que emplea un lenguaje claro y sencillo. En relación con ponerse en lugar de los lectores, Luis Estrada parte de un supuesto que es de gran relevancia, y es suponer que tiene lectores inteligentes (es decir, darle el lugar a los lectores). También otra característica particular es proporcionar una imagen de la ciencia que no es simplista y de respuestas fáciles que requiere del estudio del lector. Ésta es una motivación para que sus lectores aprendan más sobre la ciencia. Para poner un ejemplo de la metáfora, en este caso para acercar a los lectores al estudio de la física cuántica, Luis Estrada dice: “La electrónica actual y el creciente empleo de la fotónica —que usa luz como base del funcionamiento de sus aparatos— está fundada en el conocimiento del mundo cuántico por lo que su divulgación es indispensable para comprender el mundo en que vivimos.” La analogía está presente, cuando señala que la física cuántica está presente en: “La comunicación mediante satélites y teléfonos celulares, las computadoras y los lectores de discos compactos y códigos de barras emplean “circuitos integrados” —*chips*— para su funcionamiento, los cuales están formados por transistores, dispositivos hechos con semiconductores.”

En relación con la claridad y la síntesis Luis Estrada dice:

“Hay muchas más particularidades de la física cuántica que nos están ayudando a entender los fenómenos del mundo microscópico y no hay lugar aquí para siquiera enumerarlos. Sin embargo, es imposible no mencionar algo que esa teoría nos ha mostrado: toda observación altera lo observado.”

Esta observación de Luis Estrada conlleva un principio de la mecánica cuántica que rompe con la creencias tradicionales de la ciencia, incluido Albert Einstein y muchos seguidores, de que existe un determinismo en la ciencia, aplicable no solo en el mundo macroscópico, sino al microscópico. Aceptar que podemos predecir que un eclipse ocurrirá en determinada fecha (y todas se han corroborado hasta ahora) contrasta con la visión de la mecánica cuántica de decir que únicamente podemos localizar a un electrón en un átomo con determinada probabilidad. A los deterministas les gustaría chocar con él cuando se envíe una partícula que lo alcance cuando se encuentre a un ángulo de digamos 270°. Los cuánticos formales, no deterministas, se contentarían con afirmar que existe una

probabilidad de digamos el 70%, es decir, que de 10 partículas que enviamos al blanco de los 270°, solo 7 chocarían con el electrón, pero no sabemos cuál de las siete chocará en los diez intentos, así es la probabilidad de la mecánica cuántica.

El concepto filosófico de la mecánica cuántica tradicional es todavía más fuerte que los resultados cuánticos experimentales; afirmar como señala Luis Estrada que: ¡toda observación altera lo observado!, rompe totalmente con nuestra idea intuitiva del mundo y de la objetividad tradicional de la ciencia. A nivel macroscópico resulta inaceptable, porque hemos comprobado que no es así, y a nivel microscópico, ocasiona incredulidad. La observación de algo depende de un sujeto, llámese destacado investigador o gente común y corriente. En resumidas cuentas la observación la realiza un sujeto, una persona, y ahora debemos aceptar que una persona altera lo observado. Nos surgen varias preguntas y son ¿el observador no vio correctamente en el microscopio o telescopio, no midió adecuadamente en una balanza? Todas ellas están consideradas en los errores experimentales y la incertidumbre en la medición, pero no en la mecánica cuántica tradicional. Desde el punto de vista filosófico, aceptar dicho principio, supone casi casi aceptar que todos somos seres humanos y tenemos errores, cuestión que relaciona directamente al hombre con la ciencia, y lo convierte en parte de la misma. Podemos aceptar que la ciencia es una actividad humana, pero aceptar que los principios de la naturaleza dependen de la observación humana resulta más complicado. Esta es la primera interpretación simplista de lo que afirma la mecánica cuántica tradicional.

La segunda interpretación, “filosóficamente correcta”, es que siempre la interpretación de las leyes de la naturaleza, estará hecha por mujeres y hombres, que poseen una visión parcial del Universo, a pesar de sus resultados y teorías, y que únicamente tienen una cierta probabilidad de ser acertada y corresponder con la realidad.

Pero la pregunta sigue abierta: ¿dependemos de nuestras observaciones para conocer la naturaleza o nuestras observaciones interfieren en el conocimiento de la misma? Hasta ahora la mecánica cuántica nos ha demostrado, a nivel microscópico, que nuestra observación interfiere en lo observado, pero dicho punto de vista puede cambiar, ese es uno de los grandes principios de la ciencia.

Del libro *El sol muerto de risa*, de Sergio de Régules Ruiz-Funes, que forma parte de la Colección La Biblioteca de Hipatia, editada por Pangea Editores, México, 1998, hemos tomado el ensayo “Luzca más joven: viaje rápido”:

“Luzca más joven: viaje rápido.

“Quienes hayan leído el capítulo anterior se preguntarán cómo me las arreglé para volver del limbo después de que alguien me hizo la bromita de viajar al pasado e impedir que mis padres se conocieran, borrándome así de la faz del tiempo. La respuesta es que no he vuelto. Luego de mucho discutir y de muchos trámites burocráticos cósmicos logré convencer a los Mayores del Consejo del Orden Cósmico de las Cosas de que me permitieran traer a mis lectores a un universo en el que mis padres sí se conocen y yo sí nazco (al cabo de un lapso adecuado). Me tardé 974 años terrestres en convencerlos, pero así son estas cosas del tiempo y la relatividad: ustedes están aquí conmigo en este nuevo universo al cabo del tiempo que toma cambiar de página. En el universo que hemos dejado atrás este libro no existe.

“Hablando de insólitos efectos espaciotemporales, recordemos que en el capítulo anterior explicamos la dilatación relativista del tiempo: el tiempo transcurre más lentamente cuando uno se desplaza a velocidades comparables con la luz.¹ A 99.99 por ciento de la velocidad de la luz uno envejece 100 veces más despacio que quienes se han quedado quietos en la tierra. Desde luego, 99.99 por ciento de la velocidad de la luz es una velocidad espantosamente grande —alrededor de 300 mil kilómetros por segundo—. En la vida cotidiana nunca tenemos que lidiar con velocidades tan altas. ¿Se notan los efectos relativistas a las velocidades a las que estamos acostumbrados? Veamos.

“Quizá se haya usted dado cuenta ya de que en este nuevo universo usted tiene el mismo coche (y la misma casa, la misma pareja y los mismos hijos). En este universo, como en el otro, su coche no va a más de 120 o 130 kilómetros por hora en la carretera de Cuernavaca... y eso sí no hay tráfico. Traté de calcular cuánto se dilata el tiempo a esta velocidad, pero el efecto es tan insignificante que ni con una calculadora de 15 dígitos pude obtener el resultado. Me vi obligado a recurrir a una técnica matemática conocida como desarrollo en serie de Taylor. Resulta que viajando a 120 kilómetros por hora durante una hora usted sólo gana unas cuantas decenas de billonésima de segundo. A este ritmo tendría que viajar durante 18 mil millones de años para ganarles una hora a las personas que se quedan en tierra. Así que si pensó que tal vez podría conservarse joven bajando a toda velocidad por Reforma, olvídelo.*

“El panorama se presenta un poco más alentador para quienes suelen viajar mucho en avión. Un avión vuela a cerca de mil kilómetros por hora. A esta velocidad usted gana 18 mil millonésimas de segundo en un vuelo de 12 horas, de manera que ganar una hora le tomaría cien mil millones de viajes de ida y vuelta a Europa.

“(Tal vez le parezca que cien mil millones de viajes de ida y vuelta a Europa son muchos viajes de ida y vuelta a Europa, pero ¡imagínese la cantidad de millas gratis que ganaría!) Volando en el Concorde se ganan cuatro billonésimas de segundo por cada segundo de

viaje, así que un viaje redondo entre Nueva York y París le da una décima de millonésima de segundo. Con razón no notamos los efectos de la relatividad en la vida diaria.

“Albert Einstein predijo el efecto de la dilatación del tiempo y otros resultados igual de insólitos en un artículo —hoy famosísimo— publicado por la revista científica alemana *Annalen der Physik* en 1905. En aquella época demostrar estos resultados era mucho más difícil que ahora, y la comunidad científica se tardó unos años en aceptar la teoría de la relatividad. Hoy en día la teoría especial de la relatividad está comprobadísima experimentalmente, y nadie en sus cinco sentidos duda de su validez. La relatividad especial es uno de los dos pilares fundamentales de la física moderna y uno de los más grandes productos de la mente humana.”

Notas del autor y la editora de artículo:

“¹El movimiento relativo, y por supuesto una persona que viaja a bordo de una nave espacial puede decir que es el resto del universo el que se desplaza respecto a ella, con toda razón. Los efectos relativistas son simétricos —si yo te veo moverte más lentamente tú también me ves moverme más lentamente— pero sólo en tanto no intervengan aceleraciones. Para ir y volver, un viajero tiene que acelerarse por lo menos dos veces: una al partir desde un estado inicial de reposo respecto a la tierra, y otra al frenar y dar media vuelta para volver; y es el hecho de que el viajero se acelera y los que se quedan no el que rompe la simetría: a fin de cuentas es el tiempo del viajero el que ha transcurrido más lentamente.

“*¿Habrá que explicar que Reforma es una avenida de la ciudad de México? ¿Daremos por sentado que nuestros (tus) lectores son listísimos y que lo deducirán ellos solitos? ¿O dejamos que se las arreglen como puedan? [VS]

“Está bien: pongamos “por el Paseo de la Reforma” para darles más pistas. O si realmente queremos ser menos chovinistas pongamos “a toda velocidad por (espacio en blanco para que el lector escriba el nombre de alguna importante avenida de su ciudad)”, y todos contentos. [SR]”

(Esta última aclaración del editor y el autor, resulta irrelevante, tanto uno como otro dan su punto de vista, gana Sergio de Régules, pero pierden los lectores al publicar su nimia diferencia, lo cual es responsabilidad del editor).

Sergio de Régules es un ejemplo de cómo se puede emplear un lenguaje claro y sencillo, así como ponerse en el lugar de los lectores y conocer el tema. Para motivar a los lectores a acercarse a la ciencia emplea, sobre todo el sentido del humor y como parte de él la ironía. También están presentes el contexto, la comparación y la analogía, así como la capacidad narrativa. Ejemplo de sentido del humor es, para explicar cómo se pueden notar los efectos de la relatividad:

“El panorama se presenta un poco más alentador para quienes suelen viajar mucho en avión.”

La lectura de los textos de Sergio de Régules es sencilla y atractiva porque atrapa al lector con el empleo de imágenes cotidianas, su humor, además de conocer y haber estudiado el tema que desarrolla.

Julieta Fierro Gossman.

Del libro *Extraterrestres. Vistos desde la ciencia*, de Julieta Fierro, publicado en Lectorum, México, 2000, incluimos una pequeña parte:

“Las estrellas fugaces.

“Las estrellas fugaces son estrías luminosas que aparecen en el cielo y lo surcan en fracciones de segundo.

“Aunque las estrellas fugaces se mueven rápidamente a través de la bóveda celeste, en realidad no son estrellas sino pequeños fragmentos de materia que ingresan a nuestra atmósfera.

“Si frota vigorosamente tus manos, notarás que se calientan. Imagínate lo que le sucede a una piedrita que viaja a gran velocidad por el aire: se incendia y hace que el gas que la rodea se vuelva luminoso. Esta envolvente incandescencia se ve desde la superficie de la Tierra como una estría que recorre el cielo en fracciones de segundo; de allí su nombre, estrella fugaz.

“Todos los días caen varias toneladas de materia del espacio a la Tierra. La mayor parte de esa materia se desintegra antes de llegar a la superficie. Cuando un fragmento sobrevive, se conoce como meteorito. La mayoría asemeja piedras comunes y corrientes porque proviene del cinturón de asteroides, compuesto por rocas que circundan al Sol como pequeños planetas. En realidad, los meteoritos son muy distintos a cualquier piedra que nos encontramos en nuestro camino. En general, las rocas que hay en México son muy jóvenes, ya que provienen de lava enfriada que surgió de las entrañas de la Tierra hace tan sólo unos cuantos miles de años; en cambio, la edad de los meteoritos se calcula que es de 4,500 millones de años, la edad del Sistema Solar.

“Cuando caen más de 20 estrellas fugaces por hora, entonces es una *lluvia de estrellas*, cuyo origen son los cometas. Éstos son cuerpos congelados de varias decenas de kilómetros de diámetro (recuerda que el Popocatepetl tiene 5 km de altitud) y que tienen órbitas muy elongadas en torno al Sol. Cuando se acercan a nuestra estrella se evaporan y se desmoronan, por lo que van dejando pedazos de materia a lo largo de su órbita. En el momento en que la Tierra cruza la órbita del cometa, los fragmentos caen y se convierten en lluvia de estrellas. Cada año la tierra cruza varias órbitas de cometas, por eso se puede predecir cuándo ocurrirá una lluvia de estrellas. Puesto que en México suele estar despejado durante noviembre, entonces se puede ver la lluvia de estrellas llamada Leónidas. El nombre indica que todas las estrellas fugaces parecen provenir de la constelación del León; son fragmentos del primer cometa que se observó en 1686. El cometa Halley también dejó rastros y produce las Oriónidas durante el mes de octubre; ya te habrás dado cuenta de que

en este caso las estrellas emergen de la constelación de Orión. La intensidad de una lluvia de estrellas depende de la orientación de la Tierra cuando atraviesa la órbita del cometa.

“Cabe mencionar que ahora los humanos producimos estrellas fugaces artificiales. Cuando un satélite se convierte en chatarra espacial se coloca en una órbita determinada para que cuando reingrese a la atmósfera de la Tierra, se incendie y evapore antes de llegar a la superficie. Si se estima que algún fragmento va a sobrevivir, se procura que caiga en zonas no pobladas, como los mares y desiertos.”

Julieta Fierro pone en contexto la información:

“En general, las rocas que hay en México son muy jóvenes, ya que provienen de lava enfriada que surgió de las entrañas de la Tierra hace tan sólo unos cuantos miles de años; en cambio, la edad de los meteoritos se calcula que es de 4,500 millones de años, la edad del Sistema Solar.”

Proporciona resultados de la ciencia sorprendentes:

“en realidad no son estrellas sino pequeños fragmentos de materia que ingresan a nuestra atmósfera”, emplea frecuentemente la comparación para hacer accesibles los resultados de la ciencia: “Éstos son cuerpos congelados de varias decenas de kilómetros de diámetro (recuerda que el Popocatepetl tiene 5 km de altitud)...”

Emplea la analogía:

“Si frota vigorosamente tus manos, notarás que se calienta. Imagínate lo que le sucede a una piedrita que viaja a gran velocidad por el aire: se incendia y hace que el gas que la rodea se vuelva luminoso. Esta envoltente incandescencia se ve desde la superficie de la Tierra como una estría que recorre el cielo en fracciones de segundo; de allí su nombre, estrella fugaz.”

Todas estas características del texto de Julieta Fierro son las que motivan a los lectores a acercarse a la ciencia, aspecto esencial de la divulgación.

Además de lo anterior, estudia y conoce el tema que divulga, emplea un lenguaje claro y sencillo con frases cortas y se pone en el lugar de los lectores: en este caso todo tipo de lectores, dado que no requieren más que los conocimientos elementales de ciencia de primaria para entender el texto. El texto posee una estructura, con introducción, desarrollo del tema y breve conclusión.

Incluyo el artículo “Y se hizo la luz... eléctrica”, de José de la Herrán, publicado en la revista *¿Cómo ves?*, Año 1 Núm. 3, febrero de 1999, Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, México, 1999:

“Y se hizo la luz... eléctrica.

“La historia de la rivalidad entre dos célebres inventores o lo que hay detrás de cada foco.

“Corría el año de 1882; eran casi las nueve de la noche y Thomas Alva Edison daba los últimos toques a su central eléctrica. Las calderas de vapor estaban a su presión de trabajo y las barras de cobre listas para recibir los 100 volts de corriente continua. A una señal de Edison, sus ingenieros abrieron las válvulas, el vapor empujó los émbolos de las máquinas de vapor y los generadores acoplados a ellas comenzaron a girar y a emitir su característico zumbido. Momentos después, el gran inventor cerraba el interruptor principal y en la calle Pearl de Nueva York desaparecía la oscuridad al brillar en ella dos largas hileras de focos que el propio Edison inventara unos meses atrás.

“A la mañana siguiente, los principales diarios daban a conocer al mundo la noticia con titulares como éste: “Se hace la luz en Nueva York, pero es la luz eléctrica de Edison, que convierte la noche de la calle Pearl en día”. No lejos de ahí, otro inventor se enteraba del suceso y mandaba un telegrama de felicitación al que sería su rival en la producción de la energía eléctrica; el contenido del telegrama no era sincero, quien lo escribió sabía ya que la corriente continua presentaba problemas técnicos que le impedirían llegar lejos y se había propuesto utilizar la corriente alterna, con la que estaba seguro derrotaría a Edison.

“Una rivalidad genial.

“Aquel inventor no era otro que George Westinghouse, para entonces famoso y rico gracias a los frenos neumáticos que había desarrollado con el fin de hacer a los ferrocarriles más seguros. Por su preparación científica, Westinghouse entendía muy bien porqué la corriente alterna que él defendía era superior a la continua de Edison. Con esto en mente, había comprado al inventor de la corriente alterna, el científico Nikola Tesla, sus patentes y justamente en aquellos días comenzaba a preparar en secreto su primera planta hidroeléctrica de corriente alterna. Quería sorprender a Edison y demostrar al mundo la superioridad práctica de ésta sobre la corriente continua.

“Tres años después, Westinghouse daba los últimos toques a su Central Hidroeléctrica Ames y ordenaba que se abriera la válvula de la tubería de agua para hacer girar una rueda Pelton, acoplada al primer y por ese entonces único generador de corriente alterna, o alternador, de la Central. Así, daba comienzo la rivalidad, tanto técnica como comercial, entre los dos genios, rivalidad que no duraría más que unos cuantos años pues los ingenieros electricistas reconocieron muy pronto la superioridad de la corriente alterna sobre la continua. En la corriente alterna podía cambiarse con facilidad el voltaje, mediante el uso de transformadores y, por lo mismo, sería la que más tarde haría girar los motores eléctricos de miles de kilowatts de potencia para hacer trabajar a grandes fábricas.

“Por ejemplo, si un alternador genera 100 volts, el transformador los eleva a 1,000 (alta tensión) y al final de la línea de transmisión otro transformador puede bajarlos nuevamente a 100 volts y distribuirlos a los usuarios. Todos hemos visto en las calles los postes de distribución de la energía eléctrica con esos transformadores que nos alimentan a baja tensión: 120 volts nominales, la energía necesaria para nuestras casas.

“En la corriente continua, en cambio, no se puede variar el voltaje con transformadores. A esto se debe que obtener, digamos 10 mil watts de potencia con corriente directa y transmitirlos a distancias de kilómetros, resultara mucho más caro que con la corriente alterna. La potencia eléctrica es la energía producida cada segundo y su valor resulta de multiplicar el voltaje por la intensidad de corriente; es decir, volts por amperes dan watts. Si el voltaje de un generador es de 100 volts, para generar 10 mil watts de potencia tienen que circular 100 amperes. Ahora bien, para que circulen esos 100 amperes se requieren cables de cuando menos un centímetro de diámetro, lo que implica muchos kilogramos de cobre y por ende una gran inversión, si es que esa potencia se quiere hacer llegar a una gran distancia. Pero ¿qué tal si el voltaje pudiera cambiarse de 100 a 1,000 volts, con un transformador? Esto, como hemos visto, puede hacerse en caso de que la corriente generada sea alterna. Con los 1,000 volts, se necesitarían sólo diez amperes para obtener 10 mil watts de potencia, y 10 amperes circulan por cables de tan solo 3 milímetros de diámetro, cables mucho más baratos que los requeridos en el caso de la corriente directa. Poco antes de que la energía eléctrica llegue a su destino, el voltaje se baja a 100 o 120 volts y ¡listo! Podemos usarla en nuestra casa.

“Patentes por un millón de dólares.

“Tesla, como vimos, inventor de la corriente alterna, había explicado todo esto con lujo de detalles a Westinghouse, quien al darse cuenta de las posibilidades que ésta tenía, adquirió los derechos de las patentes de Tesla en ese campo en nada menos que ¡un millón de dólares!

“A la Central Hidroeléctrica Ames, siguió la central trifásica Mill Creek en California, con una rueda Pelton como impulsora del alternador trifásico, fabricado por la General Electric Company en 1894. Ambas centrales siguen funcionando hasta hoy. De ahí en adelante, la generación, transmisión y distribución de la corriente alterna se extendió rápidamente por todo el mundo; Edison perdió la pelea contra Westinghouse y la central de la calle Pearl fue cerrada pocos años después de que entrara en operación. Tal vez sea la única derrota importante que sufriera el gran inventor en su brillante carrera.

“(Recuadro)

“Las corrientes continua y alterna

“La corriente continua más usada actualmente es la que producen las pilas y los acumuladores de los automóviles, y es de muy baja tensión (de 1.5 volts a 12 volts), por lo que no da toques; esta corriente marcha por los cables en un solo sentido. La corriente alterna cambia de sentido 60 veces por segundo (60 hertz), por lo que su voltaje se puede cambiar fácilmente (alta o baja tensión) con los transformadores; es la que recibimos en nuestras casas a una tensión de 120 volts, que aunque da toques, no es peligrosa en extremo. La alta tensión (de miles de volts) es mortal y puede recorrer largas distancias mediante líneas de transmisión elevadas o subterráneas.”

José de la Herrán recurre a la anécdota histórica y a la cotidianeidad, así como a una narrativa ejemplar para acercar a los lectores. Ejemplo de lo anterior es el inicio del artículo:

“Corría el año de 1882; eran casi las nueve de la noche y Thomas Alva Edison daba los últimos toques a su central eléctrica. Las calderas de vapor estaban a su presión de trabajo y las barras de cobre listas para recibir los 100 volts de corriente continua. A una señal de Edison, sus ingenieros abrieron las válvulas, el vapor empujó los émbolos de las máquinas de vapor y los generadores acoplados a ellas comenzaron a girar y a emitir su característico zumbido. Momentos después, el gran inventor cerraba el interruptor principal y en la calle Pearl de Nueva York desaparecía la oscuridad al brillar en ella dos largas hileras de focos que el propio Edison inventara meses atrás.”

Se trata de un momento histórico para la humanidad (que José de la Herrán describe casi como si estuviéramos observando una película) y es el momento en que surge la energía eléctrica para iluminar las calles con el foco, ambos inventos de Edison, que permiten estar leyendo de noche con un focos, ver la televisión o escuchar el radio, poder trabajar con las computadoras o refrigerar los alimentos; todos ellos hoy casi imprescindibles para quienes vivimos en las ciudades. Otro aspecto relevante que señala José de la Herrán es entender el lado humano de los científicos y los técnicos. Edison a pesar de ser un gran inventor y científico que aportó muchos beneficios para que la humanidad pudiera vivir mejor (y lo consiguió), era un ser humano y falló en algunas cosas (el mensaje es que los técnicos y científicos se equivocan, contra la idea social errónea de que son dioses perfectos). Edison se equivocó en que es mejor emplear la corriente alterna que la continua para el consumo cotidiano de electricidad, por las ventajas en la transmisión de la misma. Sin embargo, también seguimos hoy utilizando la corriente continua en miles de aparatos que emplean pilas y acumuladores. También José de la Herrán recurre a la analogía para explicar las diferencia entre corriente continua y alterna, como se puede leer en el recuadro. De la lectura del artículo de José de la Herrán se puede comprender de manera clara y sencilla la razón científica, técnica y económica de por qué es más adecuado usar la corriente alterna que la continua, imaginemos simplemente barras de cobre de 1 cm de diámetro contra cables de 3 mm de espesor, en todos los postes de luz.

Finalmente, el artículo de José de la Herrán cumple en términos generales con las características que hemos señalado debe satisfacer un artículo de divulgación de calidad, dirigido a todo tipo de público.

Cinna Lomnitz

Del artículo "Orígenes de lo océanos, los continentes, los temblores y los geofísicos", de Cinna Lomnitz, publicado en el número especial de la revista *Naturaleza*, Vol. 14 Núm. 6, (100), 6/83, Asociación para la Divulgación Científica H. A. Lorentz, A. C., México, 1983, tomamos la siguiente parte:

"Orígenes de lo océanos, los continentes, los temblores y los geofísicos.

"En 1910 Beno Gutenberg era un delgado y diminuto estudiante de física en la Universidad de Gotingen, donde vendía jabón de puerta en puerta para costearse los estudios. Einstein había publicado su teoría de la relatividad, pero la geofísica no existía ni de hecho ni de palabra.

"Un año después, Gutenberg calculaba la profundidad del núcleo de la Tierra. Su resultado ($\approx 2,900$ km) sigue intacto después de décadas de intensos estudios y comprobaciones cada vez más refinadas. Luego empezaron a precipitarse los acontecimientos: en 1915 el serbio A. Mohorovic probó la existencia de la corteza terrestre, una capa delgada (5 a 70 km) de roca que recubre el interior de la Tierra como la cáscara envuelve el fruto. En 1920 el inglés Turner demostró que existen temblores de origen profundo, a centenas de kilómetros bajo la corteza. En 1925 Gutenberg editó el "Handbuch der Geophysik", en que se define la geofísica como la rama de la física experimental que se ocupa de la Tierra: su interior, sus mares, su atmósfera, su campo magnético y gravitacional. La nueva ciencia había nacido.

"Primeras décadas.

"De 1925 a 1965 se gestó una generación de geofísicos empapados en las enseñanzas de Gutenberg y de su gran rival británico Sir Harold Jeffreys, alto, desgarrado, ligeramente excéntrico, célebre matemático y astrónomo. Hoy Jeffreys tiene más de 80 años y sigue trabajando activamente como antes. Gutenberg está muerto; simbólicamente dejó de existir el año del lanzamiento del primer Sputnik. Diez años más tarde, una nueva generación de geofísicos ha tomado las riendas, generación de románticos de las computadoras, ansiosos de experimentar con nuevas ideas. Lo fantástico ya no evoca sonrisas escépticas cuando es posible hacer miles de cálculos complicados en un segundo. Existen los cinturones de Van Allen, anillos magnéticos invisibles en torno a la Tierra, misteriosas trampas de radiación. Se comprueba que los grandes temblores hacen oscilar la Tierra entera como si fuera una gigantesca campana y que producen en la ionosfera olas atmosféricas de amplitudes kilométricas. Los océanos contienen aguas fósiles, cuya edad se determina con ayuda del carbono 14. El magnetismo residual de las rocas demuestra que continentes enteros han girado y cambiado de lugar.

“Antes se decía al público las frases consabidas, llenas de modestia y “sobriedad científica”. Recordábamos al lego todo lo que no sabíamos respecto a la Tierra. “Cómo”, exclamábamos con sorpresa un poco fingida, “¿nos creen ustedes capaces de llegar a predecir los temblores? Qué esperanza...” Y añadíamos aquello de que el hombre conoce mejor el interior de las lejanas estrellas que el de su propia Tierra. Con un poco de ironía, discutíamos las diversas teorías de si el núcleo estaba hecho de una aleación de hierro-níquel fundido, de un plasma comprimido, o quizá de un nuevo estado de la materia. Pero en el fondo, poco nos importaba que el núcleo estuviera hecho de cajeta: aquellas eran especulaciones ociosas, ya que solamente lo susceptible de comprobación experimental era digno de estudio.

“Hoy el clima científico ha cambiado radicalmente. Los “especuladores ociosos” como Wegener (que en 1920 postuló que los continentes estaban a la deriva y que África y Sudamérica antes estaban unidos en un mismo bloque continental) son los profetas de hoy. Pero las teorías eran muchas. Adolfo Hitler, por ejemplo, creía que la Tierra estaba hueca y que estábamos viviendo en su superficie interior, mirando siempre hacia el centro. Según este punto de vista, las estrellas y otros cuerpos celestes no pasaban de ser unas pocas bolitas de nieve revoloteando en el interior del planeta. No faltaron doctores en las universidades alemanas dispuestos a apoyar con entusiasmo la nueva doctrina.*

“Pero volvamos al centro de la Tierra. El núcleo de la Tierra es un esferoide masivo de tamaño aproximado al del planeta Marte. Al principio se pensaba que era enteramente líquido, puesto que no transmitía las ondas S o cortantes, cuya propagación depende del módulo de rigidez. Cuando la sustancia no tiene rigidez (como en un líquido o gas) la velocidad de la onda S es cero, es decir, no se propaga. Así, en las antípodas de un temblor se observa una “zona de sombra” para ondas cortantes, y del diámetro de esta sombra es posible calcular el diámetro del núcleo (véase figura 1) [no se incluye].

“En esto, la señorita Ilse Lehmann, sismóloga danesa de la generación de Gutenberg y Jeffreys, anunció un descubrimiento original: ¡el núcleo de la Tierra posee a su vez otro núcleo más pequeño pero sólido! De este modo, hace diez años el centro de la Tierra dejó de ser líquido y se encuentra en tierra firme, para gran alivio de todos los aprensivos. La explicación es menos fácil, y sin embargo es lógica.”

Nota del autor del artículo.

“*Como tampoco faltaron los defensores del biólogo charlatán Lysenko mientras éste gozó los favores de Stalin. La debilidad humana no es monopolio de los geofísicos.”

Cinna Lomnitz también recurre a la anécdota histórica (como José de la Herrán), lo cual supone conocer historia de la ciencia o ser parte de ella. Pero no se trata de recurrir a la anécdota histórica sin ningún sentido, sino nuevamente para apreciar la parte humana de los científicos:

“En 1910 Beno Gutenberg era un delgado y diminuto estudiante de física en la Universidad de Gotingen, donde vendía jabón de puerta en puerta para costearse los estudios.”

Y a continuación el contexto:

“Einstein había publicado su teoría de la relatividad, pero la geofísica no existía ni de hecho ni de palabra.”

Cinna Lomnitz nos explica en los siguientes renglones de su artículo de manera clara, sencilla y accesible cómo fueron surgiendo los conceptos fundamentales de la geofísica; primero la determinación de la distancia al núcleo de la Tierra (2,900 km), calculada por Gutenberg; posteriormente, el espesor de la corteza terrestre, de entre 5 y 70 km, debida a A. Mohorovic; a continuación, el descubrimiento de una sismóloga, Ilse Lehmann (las mujeres hacen grandes aportaciones a la ciencia), de que el núcleo de la Tierra, a pesar de ser líquido, posee una parte central sólida; y, finalmente (aunque no se incluye aquí por razones de espacio), la comprobación y aceptación de la teoría de la tectónica de placas, propuesta por Alfred Wegener. Todos ellos, gracias al estudio de ver cómo se propagan las ondas que producen los temblores.

Cinna Lomnitz emplea muchos de los recursos de la divulgación para motivar a los lectores como la metáfora cuando señala:

“una capa delgada (5 a 70 km) de roca que recubre el interior de la Tierra como la cáscara envuelve el fruto.”

La analogía y la comparación cuando afirma:

“Pero volvamos al centro de la Tierra. El núcleo de la Tierra es un esferoide masivo de tamaño aproximado al del planeta Marte.”

Finalmente, el texto de Lomnitz posee una estructura cronológica y es una muestra de la capacidad de síntesis y uso del lenguaje para aprender los conceptos fundamentales de la geofísica, aspecto educativo que considero debe poseer un buen artículo de divulgación: aprender algo después de leer.

Del artículo “La termodinámica clásica”, de Fernando del Río, publicado en el número especial de *Naturaleza*, 1983, hemos tomado la conclusión del mismo:

“El pluralismo termodinámico.

“Mucho se ha alabado a la física por lo exacto y riguroso de sus leyes. Más tales alabanzas cubren una realidad más rica y mucho más interesante.

“Sirvan de ilustración las leyes termodinámicas aquí evocadas. Esas cuatro leyes cubren una amplísima región de nuestra experiencia. Hasta donde sabemos, y dentro de sus bien entendidas limitaciones, su vigencia es absoluta no sólo en nuestra parte del Universo sino incluso en sus más apartados rincones. Permanecen invioladas pese al afán de la legión de ilusos buscadores de perpetuos movimientos. Con el honor a salvo, los cuatro pilares de la legislación termodinámica sustenta una sobria disciplina, completa, balanceada y libre de adornos. Tan austera es que sus fundamentos pueden cubrirse en pocas páginas. No obstante, la visión de éstos aquí referida es falsa por la simple razón que no es la única.

“Así, de la segunda ley existe una pluralidad de enunciados lógicamente equivalente. Carnot la concibió al atreverse a afirmar que todas las máquinas térmicas tienen una eficiencia máxima, que se alcanza con un tipo particular de ellas, hoy llamadas de Carnot. A Lord Kelvin y Max Planck se asocia el negar la posibilidad de convertir calor totalmente en trabajo, sin producir ningún otro cambio. La imposibilidad de que el calor pase espontáneamente de un sistema frío a otro caliente es la manera en que Clausius enunció esta ley. Otra muy popular es decir que en un sistema aislado la entropía únicamente puede aumentar o permanecer constante, pero nunca disminuir. La existencia de superficies isentrópicas como las aquí descritas está muy cerca de la formulación a la Caratheodory: alrededor de un estado siempre hay otros que son inaccesibles por cambios adiabáticos.

“La pluralidad no es exclusiva de la segunda ley termodinámica ni de esta disciplina. Más bien es característica de muchas teorías físicas, lo que quizá sea manifestación de alguna recóndita virtud de la ciencia. Para entender bien lo que la ciencia aporta al hombre no podemos prescindir de esta pluralidad. Porque si bien los distintos enunciados de una ley son lógicamente equivalente, de ellos derivan distintas interpretaciones. Las diversas versiones de las leyes termodinámicas son todas de igual poder predictivo dentro de la propia disciplina. Pero no valoramos una ciencia sólo por su capacidad predictiva, sino también por el entendimiento que nos dé del mundo, por la visión simplificadora y unificadora que de él nos ofrezca. La pluralidad de una ciencia intensifica estas últimas virtudes. Tenemos ante los ojos no una sola, sino varias visiones de la naturaleza.

“Incluso el orden y jerarquía de la legislación termodinámica, en sus leyes, definiciones y corolarios pueden cambiarse sin alterar el todo. El orden que aquí seguimos es quizá ortodoxo hoy, pero no es el único. Ya se mencionó que la ley cero se formuló muy tardíamente y que la primera en aparecer fue la segunda. La pluralidad termodinámica le confiere cualidades que el gran público asociaría con el arte. Aparecen cuestiones de gusto. Cada físico tiene una particular preferencia por una u otra manera de ver las cosas, preferencia no totalmente enraizada en cuestiones objetivas.

“Claro, no todos los esquemas son válidos. El rigor científico, como el de un crudo invierno, acaba con los más débiles. Pero esta natural selección ha producido una visión del mundo que parece ser única en sus estructura lógica y múltiple en sus expresiones. La diversidad en la unidad fue en un tiempo regla de belleza en el arte. Bien podría serlo, por qué no, en la ciencia.”

Este pequeño extracto del artículo sobre las leyes de la termodinámica publicado en la revista *Naturaleza* cumple con las características básicas que he señalado debe poseer un artículo de divulgación de calidad y no las repetiré. Únicamente me centraré en la pertinencia del artículo. Fernando del Río cuando lo escribió se puso en el lugar de sus lectores; pero en este caso, no se trata de un artículo para todo tipo de público, tampoco de un artículo para lectores con educación media, no con educación superior. Se trata de un artículo de divulgación dirigido a estudiantes, maestros e investigadores de física, química o ingeniería, así como algunos estudiantes de preparatoria destacados e interesados en la física. Lo anterior se debe a que muy pocos estudiantes de nivel básico, medio y superior conocen las cuatro leyes de la termodinámica, más allá de un aprendizaje memorístico e introductorio. Es sólo hasta los primeros semestres de la carrera de física cuando nos damos cuenta de la importancia de la termodinámica y dónde apreciamos su generalidad para entender nuestro universo. La conservación de la energía, panacea de la mecánica clásica se convierte en un subconjunto: la primera ley de la termodinámica, acotada por lo que realmente ocurre en la naturaleza: la segunda ley de la termodinámica o la inevitable transformación en energía calorífica o calor, o sus formulaciones equivalentes que no son sencillas de comprender para cualquiera y son: que el calor fluye de los cuerpos calientes a los fríos o la permanencia o aumento de entropía en el Universo. Ni qué decir de la tercera ley, se trata de una imposibilidad de la naturaleza, sólo comparable con el principio de la relatividad general (que no es posible tener una velocidad más alta que la velocidad que la luz): es imposible alcanzar el cero absoluto. Sólo la ley cero es la que podemos entender intuitivamente en nuestros primeros contactos con la termodinámica.

El artículo de Fernando del Río propone una forma de entender las leyes de la termodinámica que resulta reveladora y que se puede extender a muchos otros principios naturales y humanos, que expresa en la conclusión final:

...“la pluralidad termodinámica le confiere cualidades que el gran público asociaría con el arte. Aparecen cuestiones de gusto. Cada físico tiene una particular preferencia por una u otra manera de ver las cosas, preferencia no totalmente enraizada en cuestiones objetivas.

“Claro, no todos los esquemas son válidos. El rigor científico, como el de un crudo invierno, acaba con los más débiles. Pero esta natural selección ha producido una visión del mundo que parece ser única en sus estructura lógica y múltiple en sus expresiones. La diversidad en la unidad fue en un tiempo regla de belleza en el arte. Bien podría serlo, por qué no, en la ciencia.”

La “lección” de Fernando del Río es su aprecio por la diversidad, ya sea biológica, humana, política, artística y hasta de creencias, como formas de comportamiento social que podríamos catalogar como “ética y moralmente aceptables”, por lo menos para mí. Pero también está presente un aspecto matemático, tal vez más importante, que no ha sido señalado en este contexto y que caracteriza a la matemática como ciencia: existen varios métodos para llegar a una solución y todos pueden ser correctos, siempre y cuando cumplan con la reglas lógicas y matemáticas aceptadas, aunque en física, sólo se cumplen si se han demostrado experimentalmente. Una teoría más general abarca a las anteriores. Explicar muchos fenómenos físicos bajo un principio general es uno de los postulados de la física. Ejemplo de lo anterior es que las leyes de Newton se siguen cumpliendo con la teoría de la relatividad especial, a pesar de ser más general. En cuanto el principio sea más general mejor y por ello el sueño de los físicos es unificar las interacciones de la naturaleza, bajo una ley general. Con el paso de los años nos hemos dado cuenta de que existen varios “métodos” para llegar a la misma solución. Hemos aceptado que es válido emplear diferentes métodos para llegar a una solución, que suponemos correcta, en el caso de la física, a partir de la experimentación. Pero también pueden existir varias soluciones para un mismo principio, que se halla nuevamente en la matemática. El ejemplo de las diferentes formulaciones de las leyes de la termodinámica, todas equivalentes, se enmarca en este principio, del que tal vez no se haya percatado Fernando del Río o que piense que sí al leer este texto (los créditos no son importantes, aunque sí el señalamiento explícito, el cual hago yo, aunque acepto la solución justa, por el respeto que me merece). La diferentes formulaciones de las leyes de la termodinámica se basan en un principio de la matemática como ciencia y es que existe, en algunos casos, más de una solución para una ecuación. Todos son igualmente válidos porque satisfacen el mismo principio. La universalidad de la termodinámica como ciencia se halla precisamente en los principios de la matemática. Por

ello, acuñaré el término de diversidad matemática para referirme a un principio universal de la ciencia que se refiere a encontrar una, varias o infinitas soluciones a la explicación de un fenómeno científico (que por supuesto debe corroborarse experimentalmente, lo cual *a priori* no puede negarse). Habría que preguntarse ¿hasta qué grado hemos visto uno o unos cuantos árboles, en lugar del bosque, o hemos preferido nuestro punto de vista personal, nuestros gustos o nuestras afinidades, creencias o pobre cultura? La única respuesta es que el conocimiento del Universo depende de la mente humana, la cual avanza poco a poco, depende de cada persona, es subjetiva, no es general, y frecuentemente se equivoca. Así es la ciencia y los científicos. Muchos prefieren la religión y otros preferimos la ciencia: creer simplemente en el hombre, con todas y cada una de sus desventajas y ventajas. Simple diversidad matemática.

Dejaré en el terreno de la especulación, y no por ello menos válido, preguntas como ¿existen varias leyes de la física para explicar un solo fenómeno? o ¿existen soluciones infinitas para un solo fenómeno (por ejemplo, el comportamiento del ser humano)?

Shahen Hacyan.

Del libro *Cuando la ciencia nos alcance I*, de Shahen Hacyan, publicado por el Fondo de Cultura Económica, dentro de la Colección La Ciencia para Todos, Núm. 160, FCE, México, 1998, que incluye una serie de colaboraciones del periódico *La Jornada* y *Reforma*, se incluye el artículo “¿Un hoyo negro amenaza a la Tierra?”, publicado originalmente el 1 de marzo de 1993, en el periódico *La Jornada*:

“¿Un hoyo negro amenaza a la Tierra?”

“Hoy en día no basta hacer un descubrimiento científico importante. Hay que saber, además, “vender el producto” para no quedar fuera del presupuesto destinado a la ciencia y del circuito de premios. Atrás quedaron los científicos encerrados en su mítica torre de marfil, pues a ellos no les tocará nada.

“Hace algunos días apareció en la prensa una noticia según la cual la Tierra estaría amenazada por un gigantesco hoyo negro que se descubrió en el centro de la Vía Láctea. La información se originó, al parecer, en una conferencia de prensa ofrecida por los astrónomos que hicieron el descubrimiento.

“La historia, en realidad, no es muy nueva. Para empezar, recordemos que un hoyo negro es una concentración muy grande de masa, cuya atracción gravitacional es tan fuerte que no permite que la luz, ni ninguna señal o cuerpo material, pueda escapar de su

superficie. De acuerdo con los conocimientos actuales de la astrofísica, las estrellas brillan por las reacciones nucleares que se producen en sus centros, tal como gigantescas bombas atómicas. Cuando se agota el combustible nuclear, las estrellas se enfrían y empiezan a contraerse bajo su propia fuerza gravitacional. Las estrellas mucho más masivas que el Sol pueden convertirse así en hoyos negros, concentraciones de materia de sólo unos cuantos kilómetros de radio (incidentalmente, ése no es el destino del Sol, que se convertirá en *enana blanca* dentro de unos 5,000,000,000 de años).

“Sin embargo, las estrellas masivas podrían no ser el único origen de los hoyos negros. En los últimos años se han descubierto evidencias de que fenómenos muy extraños suceden en los núcleos de las galaxias. Recordemos que las estrellas se agrupan en galaxias, que son conglomerados de miles de millones de estrellas. La Vía Láctea que se puede observar en un cielo nocturno muy despejado es en realidad una galaxia a la que pertenece nuestro Sol.

“Con el adelanto de las técnicas astronómicas se ha descubierto que muchas (quizás todas) galaxias tienen concentraciones extremadamente grandes de materia (estrellas y gas ionizado) en sus centros. Hasta ahora, la única explicación que se tiene es que existe algún cuerpo cuya masa equivale a la de varios millones de estrellas, que mantiene unidas a las estrellas. Según los conocimientos actuales de la física, tal cuerpo sólo podría ser un hoyo negro. Pero tampoco se puede excluir algún fenómeno totalmente desconocido.

“Lo interesante es que incluso nuestra galaxia muestra evidencias de estos extraños fenómenos en su centro, tal como lo informó la prensa recientemente.

“Ahora, en cuanto a la parte sensacionalista de la noticia, hay que aclarar que un hoyo negro, a gran distancia, atrae gravitacionalmente como cualquier cuerpo masivo en el Universo; con una fuerza que disminuye como la distancia al cuadrado, tal como lo descubrió Newton hace ya tres siglos. Y, por otra parte, que el centro de nuestra galaxia se encuentra a una distancia tal que la luz tardaría 30,000 años en llegar ahí (cuando tarda un segundo en ir de la Tierra a la Luna). Si a alguien le preocupa un encuentro con un hoyo negro, debería preocuparse antes con la posibilidad, menos remota, de que la Tierra caiga al Sol, lo cual no es posible a menos de que una estrella pase muy cerca de nuestro Sistema Solar y perturbe drásticamente la órbita terrestre.

“Para tranquilizar a los lectores aclararemos que la estrella más cercana al Sol se encuentra a una distancia que le tomaría a la luz cuatro años en recorrer; y esa estrella definitivamente no se mueve en nuestra dirección.”

Shahen Hacyan, además de ser un divulgador de la ciencia destacado, se ha ocupado semanalmente de poner al alcance de todos la ciencia el periódico *Reforma*. La tarea no es fácil, dado que escribir semanalmente en un periódico sobre ciencia supone una tarea de gran magnitud. Shahen Hacyan con el paso del tiempo ha demostrado ser uno de los mejores divulgadores de la ciencia en los periódicos y por qué no, en otros medios. Tal vez su vocación escondida, en el buen sentido de la palabra, haya sido la de divulgador de la ciencia, a pesar de que se haya dedicado durante muchos años a enseñar y a la investigación.

En el caso su artículo, además de conocer y estudiar al tema, así como ponerse en el lugar de los lectores, en este caso todo el público, Shahen Hacyan demuestra que la hipótesis de que el descubrimiento de un hoyo negro en el centro de nuestra galaxia, a pesar de ser cierta, no afecta a la vida en la Tierra, lo cual es una falacia, difundida por algunos medios, porque un hoyo negro en el centro de la Vía Láctea, nuestra galaxia, no nos afecta en nada en la Tierra, por que como señala Shahen Hacyan, la fuerza de atracción es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. El trabajo de Shahen Hacyan supone una labor nada despreciable en los medios masivos de comunicación, después de ver como muchos conceptos erróneos de ciencia pasan inadvertidos a través de muchos periódicos, sin que nadie pueda hacer nada contra ellos, por la simple y sencilla razón de que no contrataron a divulgadores de la ciencia para cubrir la nota.

Shahen Hacyan nos explica de manera clara y accesible lo que es un hoyo negro, así como la imposibilidad de que el Sol se convierta en un hoyo negro, simple y sencillamente por su masa, así como la posibilidad de que el hoyo negro del centro de nuestra galaxia pueda afectarnos. De igual forma deja claro que el movimiento de la estrella más cercana, no puede afectar al Sol, y por lo tanto, a nuestro planeta.

Todos y cada uno de los conceptos para realizar un artículo de divulgación de calidad, en este caso para todo público, quedan satisfechos con el artículo de Shahen Hacyan, y además cumplen con romper contra la desinformación sobre el tema: un hoyo negro en el centro de la galaxia no nos puede afectar, y lo sorprendente es la hipótesis de que existe un hoyo negro en el centro de la Vía Láctea, lo cual debería ser la noticia.

Después de analizar algunos artículos de divulgación que sirven de ejemplo para desarrollar una divulgación científica de calidad, a partir de algunas características generales que he señalado deben de satisfacer, ahora analizaremos en el siguiente capítulo cuál es la repercusión real que ha tenido el desarrollo de la divulgación escrita en México para los estudiantes, maestros e investigadores de física, a través de una encuesta que se realizó con estudiantes, maestros e investigadores de física, mayoritariamente de la UNAM y de la Facultad de Ciencias de la misma. A partir de dichas encuestas es posible conocer el papel que desempeña la divulgación de la ciencia escrita para dedicarse a la física.

5. Encuesta sobre el papel que desempeña la divulgación para dedicarse a la física

5.1 Introducción

Con el objeto de conocer el papel que desempeña la divulgación de la ciencia para estudiar la carrera de física, se diseñaron dos encuestas. La primera dirigida a estudiantes de la carrera de física de la Facultad de Ciencias de la UNAM. La segunda para maestros e investigadores de física, tanto de la Facultad de Ciencias y algunos institutos de la UNAM y el Instituto Mexicano del Petróleo. Asimismo, la encuesta de maestros e investigadores muestra la producción de artículos de divulgación de los mismos. El diseño de las encuestas lo realicé yo, y conté con el apoyo para aplicarlas del Departamento de Investigación y Apoyo Educativo, de la Subdirección de Educación No Formal, de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, así como la Facultad de Ciencias y varios institutos de la UNAM.

5.2 Encuesta para estudiantes

La encuesta que se aplicó fue la siguiente:

ENCUESTA PARA ESTUDIANTES

La información que nos proporciones nos será de gran utilidad. Gracias por tu colaboración.

Sexo: _____

Año de ingreso a la Universidad: _____

Marca todas las opciones que correspondan y responde a las preguntas.

1. Mi interés por la física se despertó inicialmente por:

- () Un trabajo escolar
- () La visita a un centro de investigación
- () Mi relación con un investigador
- () La visita a un museo de ciencia
- () La asistencia a una conferencia
- () La lectura de un artículo en una revista para el público en general

- La motivación de un maestro
- La lectura de un libro para el público en general
- Mi relación con un compañero(a) o amigo(a)
- La lectura de un libro de texto de Física
- Escuchar un programa de radio
- Ver un programa de televisión
- La lectura de páginas de Internet
- Otro Especificar:

2. Realicé mis primeras lecturas sobre física en:

- Periódicos
- Libros no especializados (para público en general)
- Revistas no especializadas (para público en general)
- Páginas de Internet
- Libros especializados
- Revistas especializadas
- Libros de texto
- Otro Especificar:

3. ¿Estas primeras lecturas sobre física me motivaron para acercarme a la ciencia?

- Sí
- No

4. Para elegir la carrera de Física influyó:

- Un programa de orientación vocacional
- Mi experiencia con las clases de física
- La imposibilidad de ingresar a otra carrera, que era mi primera opción
- Mi relación con un maestro o investigador
- El gusto por las lecturas sobre física
- La posibilidad de trabajar en un lugar o puesto específico
- Mi relación con otro estudiante
- La influencia de mis padres
- La posibilidad para ingresar a la UNAM, para luego cambiar de carrera
- Otra Especificar:

5. Habitualmente realizo lecturas en:

- Periódicos
- Libros no especializados
- Revistas no especializadas
- Páginas de Internet
- Libros de texto
- Libros especializados

- Revistas especializadas
- Otra. Especificar:

6. Escribe un número de 1 a 5 de acuerdo con la importancia que consideras tienen las siguientes actividades. (1 para la menor, 5 para la mayor importancia)

- Investigación en ciencia
- Difusión de la ciencia
- Enseñanza de las ciencia

7. ¿Qué entiendes por divulgación de la ciencia?

El universo de la encuesta fue de 246 estudiantes, 76% hombres y 24% mujeres, de los cuales 90% ingresó entre los años 1999 y 2003 y 10% entre 1979 y 1998. La encuesta se aplicó durante los meses de enero y febrero de 2003. Los estudiantes son de la Facultad de Ciencias de la UNAM. La encuesta tiene un nivel de confianza de 95% y un error de ± 0.054 .

5.3 Encuesta para maestros e investigadores

La encuesta que se aplicó fue la siguiente:

ENCUESTA PARA MAESTROS E INVESTIGADORES

La información que nos proporcione nos será de gran utilidad. Gracias por su colaboración.

Sexo: _____
Año de ingreso a la Universidad: _____

Marque todas las opciones que correspondan y responda a las preguntas.

1. Mi interés por la física se despertó inicialmente por:

- Un trabajo escolar
- Mi relación con un investigador
- La visita a un museo de ciencia

- La asistencia a una conferencia
- La lectura de un artículo en una revista para el público en general
- La motivación de un maestro
- La lectura de un libro para el público en general
- Mi relación con un compañero(a) o amigo(a)
- La lectura de un libro de texto de Física
- Escuchar un programa de radio
- Ver un programa de televisión
- La lectura de páginas de Internet
- La visita a un centro de investigación
- Otro Especificar:

2. Realicé mis primeras lecturas sobre física en:

- Periódicos
- Libros no especializados (para público en general)
- Revistas no especializadas (para público en general)
- Páginas de Internet
- Libros especializados
- Revistas especializadas
- Libros de texto
- Otro Especificar:

3. ¿Estas primeras lecturas sobre física me motivaron para acercarme a la ciencia?

- Sí
- No

4. Para elegir la carrera de Física influyó:

- Un programa de orientación vocacional
- Mi experiencia con las clases de física
- La imposibilidad de ingresar a otra carrera, que era mi primera opción
- Mi relación con un maestro o investigador
- El gusto por las lecturas sobre física
- La posibilidad de trabajar en un lugar o puesto específico
- Mi relación con otro estudiante
- La influencia de mis padres
- Otra Especificar:

5. Habitualmente realizo lecturas en:

- Periódicos
- Libros no especializados
- Revistas no especializadas
- Páginas de Internet

- Libros de texto
- Libros especializados
- Revistas especializadas
- Otra Especificar:

6. ¿Escribe artículos o libros de divulgación, dirigidos al público en general?

- No
 - Sí. Especifique cuántos al año y en dónde se publican
-
-

7. ¿Escribe materiales para impartir sus clases?

- No
- Sí Acetatos
 - Apuntes
 - Resúmenes
 - Otros Especifique:

8. Escriba un número de 1 a 5 de acuerdo con la importancia que considera tienen las siguientes actividades. (1 para la menor, 5 para la mayor importancia)

- Investigación en ciencia
- Difusión de la ciencia
- Enseñanza de las ciencia

9. ¿Qué entiende por divulgación de la ciencia?

El universo de la encuesta fue de 115 maestros e investigadores, de los cuales 72.18% son hombres y 27.82% mujeres. El año de ingreso a la Universidad es muy variable, desde 1955 hasta el año 2002. Algunos tomaron esta fecha como de ingreso a estudiar la carrera de física, mientras que otros como el año en que ingresaron como investigador o maestro. La encuesta se aplicó durante los últimos meses de 2002. La encuesta tiene un nivel de confianza de 95% y un error de ± 0.086 .

Participaron maestros e investigadores de la Facultad de Ciencias, Instituto de Astronomía, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Instituto de Ciencias Nucleares, Instituto de Investigación en Materiales, Centro de Investigación en Energía,

Instituto de Geofísica, Instituto Mexicano del Petróleo e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Todos de la UNAM (excepto el IMP).

6. Resultados y análisis de las encuestas

A continuación se presentan las preguntas de la encuesta y las respuestas por porcentaje de mayor a menor. Se han numerado las respuestas también de mayor a menor, para resaltar el lugar que ocupan los porcentajes (cuando es igual se emplea el mismo número).

6.1 Resultados y análisis de la encuesta para estudiantes

1. Mi interés por la física se despertó inicialmente por:

1. La lectura de un artículo en una revista para el público en general: 12.3%.
2. La visita a un museo de ciencia: 10.9%.
2. La motivación de un maestro: 10.9%.
3. Ver un programa de televisión: 10.0%.
4. La lectura de libros de texto de física: 9.7%.
5. La lectura de un libro para público en general: 8.8%.
6. La asistencia a una conferencia: 8.2%.
7. La visita a un centro de investigación: 7.5%.
8. Mi relación con un investigador: 6.8%.
9. Un trabajo escolar: 5.6%.
10. Otros: 3.8%
11. Escuchar un programa de radio: 2.7%.
11. Mi relación con un compañero o amigo: 2.7%.

En primer lugar está la lectura de un artículo en una revista para el público en general (12.3%), es decir, la lectura de un artículo en una revista de divulgación de la ciencia; a continuación, con el mismo porcentaje están la visita a un museo de ciencia y la motivación de un maestro (10.9%), y en tercer lugar, ver un programa de televisión (10.0%).

En relación con otras razones, están: la relación con otras ciencias, interés personal, influencia familiar y la segunda opción de carrera.

2. Realicé mis primeras lecturas sobre física en:

1. Libros de texto: 22.3%.
2. Libros no especializados (público en general): 20.3%.
3. Revistas no especializadas (público en general): 18.6%.
4. Libros especializados: 16.1%.
5. Revistas especializadas: 11.5%.
6. Páginas de Internet: 6.3%.
7. Periódicos: 4.5%.
8. Otros: 0.4%.

En primer lugar están los libros de texto (22.3%); en segundo los libros no especializados (público en general) (20.3%), es decir, libros de divulgación de la ciencia, y en tercer lugar, las revistas no especializadas (público en general) (18.6%), es decir, revistas de divulgación de la ciencia.

3. ¿Estas primeras lecturas sobre física me motivaron para acercarme a la ciencia?:

1. Sí: 90.2%
2. No: 9.8%.

Es decir, que las lecturas en libros de texto, libros y revistas de divulgación, revistas y libros especializados, páginas de Internet y periódicos fueron determinantes para acercarse a la física en el 90.2% de los casos.

4. Para elegir la carrera de física influyó:

1. El gusto por las lecturas de física: 27.0%.
2. Mi experiencia con las clases de física: 26.4%.
3. Mi relación con un maestro o investigador: 18.0%.
4. La posibilidad de trabajar en un lugar o puesto específico: 11.7%.

5. Mi relación con otro estudiante: 4.2%.
6. Un programa de orientación vocacional: 4.0%.
7. Otras: 3.8%.
8. La imposibilidad de entrar a otra carrera, que era mi primera opción: 2.1%.
9. La influencia de mis padres: 1.5%.
10. La posibilidad de entrar a la UNAM para luego cambiar de carrera: 1.1%.

Aquí, nuevamente, las lecturas de física (ya sean de divulgación o libros de texto) ocupan el primer lugar para elegir la carrera de física (27.0%); dicho resultado demuestra la importancia de apoyar la divulgación escrita de la física, en particular, y la ciencia en general, para estudiar la carrera de física; en segundo lugar está el buen desempeño de los estudiantes en las clases de física (26.4%), ya sea por la motivación del maestro o por las propias capacidades del estudiante, en la enseñanza formal. Dado que los porcentajes son similares puede afirmarse que para la elección de la carrera de física son igualmente importantes la divulgación, la motivación de un maestro y las capacidades e interés del alumno (aunque la divulgación escrita de física ocupa el primer lugar). En tercer lugar está la buena relación o cercanía con un maestro o investigador (18%), que también está en el terreno de la motivación: tener un buen maestro o estar en contacto con investigador.

5. Habitualmente realizo lecturas en:

1. Libros especializados: 20.8%.
2. Libros de texto: 17.8%.
3. Páginas de Internet: 15.5%.
4. Revistas especializadas: 15.4%.
5. Libros no especializados: 13.1%.
6. Revistas no especializadas: 11.3%.
7. Periódicos: 5.7%.
8. Otros (artículos en revistas afines): 0.5%.

En primer lugar están los libros especializados de física (20.8%); en segundo lugar los libros de texto (17.8%). Estos resultados pueden considerarse como los esperados, dado que los estudiantes de física tienen que, valga la redundancia, estudiar en libros especializados y libros de texto, que es a lo que se dedican. En tercer lugar, están las páginas de Internet (15.5%). Este dato, aunque no revela el tipo de lecturas o consultas que realizan (y que podría ser objeto de otra investigación), pone de manifiesto, por un lado, la destreza en el manejo de las computadoras y la importancia de obtener información rápida y cómoda (no siempre confiable) y a un costo relativamente reducido (nótese que en otros sectores de la población y niveles educativos la situación es muy diferente; por ejemplo, muchos profesores de educación básica no tienen acceso a una computadora y otros no saben utilizarla; todo lo anterior sin considerar el porcentaje de la población mexicana que tiene acceso a Internet, que todavía es reducido).

Aquí resulta interesante mencionar que los últimos lugares los ocupan los libros y revistas de divulgación, así como los periódicos. Esta situación se puede interpretar de varias formas: una es que los estudiantes de física, mientras estudian la carrera, se alejan de otras disciplinas científicas (en el amplio sentido de la palabra) o de poseer una cultura científica en otras áreas que no son la suya (con excepción de la áreas afines); otra es que ya poseen una cultura científica general y que ahora se dedican a estudiar profundamente su disciplina. Una tercera, podría ser que no tienen tiempo más que estudiar profundamente física y el poco tiempo libre que les queda lo dedican a pasársela bien o luchar por las causas que creen justas.

Un aspecto interesante es que para acercarse a la física recurren en primer lugar a la divulgación de la ciencia escrita y cuando estudian física la abandonan. Aquí valdría la pena comparar el lugar que ocupa la divulgación de la ciencia en el programa de estudios de la carrera de física, con el que tiene cuando los físicos han abandonado la Facultad de Ciencias.

6. Escriba un número del 1 al 5 para determinar la importancia de las siguientes actividades:

	1	2	3	4	5
1. Investigación:	9.1%	0.8%	7.5%	6.6%	75.9%.
2. Enseñanza:	6.7%	6.3%	15.1%	19.2%	52.7%.
3. Difusión:	4.6%	4.2%	21.5%	21.1%	48.5%.

Los resultados concuerdan con la afirmación que muchos divulgadores han sostenido, mostrada con resultados reales (tal vez por primera vez, desconozco si se han hecho otras investigaciones) que la investigación está en primer lugar (75.9%), la enseñanza en segundo lugar (52.9%) y la divulgación en tercer lugar (48.5%), para el universo de los estudiantes de la carrera de física (es interesante comparar este resultado con el que se obtiene para los investigadores y maestros, que se verá más adelante, en el cual la divulgación está en segundo lugar y la enseñanza en tercero). Resulta también importante señalar que en el número 4 y 3, es decir, importante, pero no lo más importante, la divulgación está en el primer lugar.

El término difusión de la ciencia en la Facultad de Ciencias es el que se emplea para la divulgación, aunque de acuerdo con Luis Estrada, la difusión de la ciencia es la comunicación de la ciencia entre pares y la divulgación de la ciencia es la comunicación para el público no especializado.

Lo que es un hecho es que la mayor parte de los que hemos estudiado física hemos aspirado a ser investigadores, por muchas y diversas razones. En segundo lugar, dar clases de física, de preferencia en nuestra Facultad. Y, como última alternativa, la divulgación.

La situación real, es muy diferente a nuestras aspiraciones. Sólo cuando salimos de la carrera de física de la Facultad de Ciencias nos damos cuenta de que existen muy pocas plazas para dedicarse a la investigación y que incluso un doctorado no basta para que nos acepten como investigadores en la UNAM. Ser ayudante o profesor de la Facultad es una segunda opción, o en otra universidad. Muchos físicos dan clase en preparatoria o secundaria. Otros cambian su actividad o disciplina al no encontrar trabajo, a pesar de estar capacitados. Y algunos se dedican a divulgar la ciencia, en general, y la física, en particular.

Aquí vale la pena señalar que los físicos (como ha señalado Rafael Pérez Pascual) es difícil que encuentren un lugar en sistema productivo nacional.

Y aquí tengo que señalar que es responsabilidad del gobierno y las empresas privadas otorgar plazas para investigadores, maestros y divulgadores. Hasta ahora se ha privilegiado el comercio y se ha devaluado la educación, entendida como investigación, enseñanza y divulgación.

Finalmente, considero que la investigación, la enseñanza y la divulgación son actividades igualmente importantes, dado que cada una es indispensable para que el avance y crecimiento de la ciencia en nuestro país. Y que en la UNAM se deben apoyar equitativamente. Hasta ahora se ha privilegiado la investigación y la enseñanza, en ese orden, pero se ha descuidado el apoyo a la divulgación de la ciencia. Y aquí cito a un investigador en física, Arturo Menchaca, quien señala: “La divulgación de la física es un tema de gran importancia al que muchos físicos mexicanos le dedican cierto tiempo, incluso algunos lo hacen de manera profesional.”⁴³

7. ¿Qué entiendes por divulgación de la ciencia?

A partir de los resultados de la encuesta, se nota que la mayoría de los estudiantes de física tienen claro lo que es la divulgación de la ciencia.

Para muestra daremos algunas de sus definiciones:

“Todas las personas tienen a su alcance conocimientos clásicos y modernos de ciencia, en el sentido amplio.”

“Transmitir la física a personas que no la conozcan.”

“Que la ciencia no debe ser entendida por la gente especializada, sino por todo el público.”

“Hacer la ciencia, enseñarla y expresarla de modo que personas sin muchos estudios puedan entenderla.”

“Aterrizar los conceptos e ideas de ciencia a un lenguaje comprensible para el público en general, evitando la mala interpretación de su contenido.”

“Realizar programas que entienda cualquiera que no esté en ella.”

“La difusión de temas científicos de un modo accesible.”

⁴³ Menchaca, Arturo, “La física en México. Los temas y las instituciones.”, en *Las ciencias exactas en México*, Arturo Menchaca (coordinador), Biblioteca Mexicana, Fondo de Cultura Económica, México, 2000, p. 106.

“Traducir a un lenguaje normal los resultados de investigaciones y experimentos.”

“La manera de dar a conocer al público en general una panorámica atractiva de lo que constituye el conocimiento científico.”

“Darla a conocer al público en general.”

“Conocimiento para todos.”

“Dar a conocer al público en general la ciencia, de una forma que pueda entenderla.”

“Explicar en un lenguaje claro y entendible para el público en general lo que es la ciencia.”

“Hacer llegar al público los avances de la ciencia.”

“Hacer llegar el conocimiento científico a todos.”

“Hacer llegar el conocimiento al público.”

“Dar a conocer a todas las personas, aún con poca escolaridad los fundamentos básicos y elementales de la ciencia.”

“Que se haga una enfermedad contagiosa.”

Esta última definición destaca por su originalidad, con la cual creo que todos los divulgadores estamos de acuerdo.

6.2 Resultados y análisis de la encuesta para maestros e investigadores

1. Mi interés por la física se despertó inicialmente por:

1. La motivación de un maestro: 23.72%.
2. La lectura de un libro para el público en general: 11.46%.
3. Otra: 11.07%.
4. La lectura de un libro de texto de física: 9.88%.
5. Ver un programa de televisión: 9.09%.
6. Un trabajo escolar: 6.72%.
7. La lectura de un artículo en una revista para el público en general: 6.32%.
8. Mi relación con un investigador: 5.93%.
9. La visita a un museo de ciencia: 3.95%.
9. Mi relación con un compañero o amigo: 3.95%.

10. La visita a un centro de investigación: 3.56%.
11. La asistencia a una conferencia: 2.76%.
12. Escuchar un programa de radio: 1.58%.

En primer lugar se encuentra la motivación de un maestro (23.72%); en segundo lugar la lectura de un libro de divulgación (11.46%), lo que muestra nuevamente la importancia de la divulgación de la ciencia escrita; en tercer lugar están otras razones (11.07%), aunque no se precisan cuáles, y en cuarto lugar, está la lectura de un libro de texto de física (9.88%).

2. Realicé mis primeras lecturas sobre física en:

1. Libros de texto: 35.81%.
2. Libros no especializados (para el público en general): 27.08%.
3. Revistas no especializadas (para el público en general): 18.34%.
4. Libros especializados: 8.73%.
5. Revistas especializadas: 5.57%.
6. Periódicos: 3.05%.
7. Páginas de Internet: 0.87%.
8. Otras: 0.43%.

En primer lugar están los libros de texto (35.81%); en segundo y tercer lugares los libros de divulgación (27.08%) y las revistas de divulgación (18.34%). Nuevamente los libros y revistas de divulgación en física sumados poseen un porcentaje de 45.42%, lo que muestra la importancia de publicar libros y revistas de divulgación de física.

3. ¿Estas primeras lecturas me motivaron para acercarme a la física?

1. Sí: 87.3%.
2. No: 12.7%

Nuevamente los porcentajes hablan por sí mismos de la importancia abrumadora de leer libros de texto o de divulgación para estudiar física.

4. Para elegir la carrera de física influyó:

1. Mi experiencia en las clases de física: 26.12%.
2. El gusto por la lecturas sobre física: 21.62%.
3. Mi relación con un maestro o investigador: 19.82%.
4. Otra: 9.46%.
5. La influencia de mis padres: 6.76%.
6. La posibilidad de trabajar en un lugar o puesto específico: 5.40%.
7. Un programa de orientación vocacional: 4.50%.
8. Mi relación con otro estudiante: 4.05%
9. La imposibilidad de entrar a otra carrera que era mi primera opción: 2.25%.

En primer lugar está la experiencia con las clases de física (26.12%), debida a las capacidades propias o la motivación de un maestro de física; en segundo lugar, la lectura de textos de divulgación (21.62%), y en tercer lugar, la buena relación con un maestro o investigador (19.82%), que suponemos acercó mediante la enseñanza o la motivación al estudiante a la carrera de física.

5. Habitualmente realizo lecturas en:

1. Revistas especializadas: 20.92%.
2. Libros especializados: 19.19%.
3. Libros de texto: 13.82%.
4. Páginas de Internet: 12.28%.
5. Libros no especializados: 11.71%.
6. Periódicos: 10.94%.
7. Revistas no especializadas: 10.17%.
8. Otros: 0.96%.

Las revistas especializadas (20.92%), los libros especializados (19.19%) y los libros de texto (13.82%), ocupan los tres primeros lugares. Mientras que la lectura de libros y revistas de divulgación, alrededor del 10% cada una.

6. *¿Escribe artículos o libros de divulgación, dirigidos al público en general?*

1. No: 58.82%.

2. Sí: 41.17%. Especifique cuántos al año y en dónde se publican.

Casi el 60% de los maestros e investigadores encuestados no escribe artículos de divulgación.

Los artículos y libros de divulgación de los maestros e investigadores encuestados se han publicado en: *Revista Mexicana de Física, Ciencia, Naturaleza, Investigación Hoy, Boletín de la SMF, Ciencia y Desarrollo, Ciencias, Avance y Perspectiva, Contactos, Revista de Divulgación del Instituto de Geofísica, El Faro, Ciencia Ergo Sum*, los periódicos *Humanidades, El Financiero, La Jornada, Lunes en la Ciencia* (suplemento de *La Jornada*), *El Regional del Sur*, y la colección de libros *La Ciencia para Todos*, del Fondo de Cultura Económica.

Únicamente 8 maestros e investigadores de los encuestados (7%) ha publicado más de 10 artículos de divulgación a lo largo de toda su vida académica. Es decir, sólo 7% de los investigadores y maestros encuestados hacen divulgación de la ciencia. Además cabe señalar que este promedio es muy bajo si se compara con la producción de artículos y libros de divulgación de los divulgadores de tiempo completo (alrededor de 3 o 4 artículos y un libro al año).

7. *¿Escribe materiales para impartir sus clases?:*

Sí: 84.17%.

No: 15.83%

1. Apuntes: 44.38%.
2. Acetatos: 30.10%.
3. Resúmenes: 16.33%
4. Otros: 9.18%.

8. *Escriba un número de 1 a 5 de acuerdo con la importancia que considera tienen las siguientes actividades. (1 para la menor, 5 para la mayor importancia):*

Proporcionamos los resultados que corresponden al número 5 (la mayor importancia):

1. Investigación: 35.25%.
2. Enseñanza: 33.72%.
3. Divulgación: 31.03%.

Nótese que aunque están nuevamente la investigación en primer lugar, la enseñanza en segundo y la divulgación de la ciencia en tercero, los porcentajes son muy similares, lo que muestra que las tres actividades son igualmente importantes.

9. *¿Qué entiende por divulgación de la ciencia?*

A continuación proporcionamos algunas respuestas:

“Llevar el mensaje de que el pensar es placentero.”

“Acercar a la gente al pensamiento y método científicos, especialmente importante para una país como México donde predomina el pensamiento mágico, aún en las capas más altas, como los gobernantes.”

“Competir por los medios de difusión masiva para mostrar que se está haciendo la ciencia, a todos los que pueden pensar por este medio.”

“Probablemente se busca hacer divulgación de la ciencia a un público que no tiene una educación en ciencia, ni interés por la ciencia.”

“Emocionar.”

“Enfatizar que la ciencia nos ofrece una forma de entender y transformar nuestro entorno. No es la única forma.”

“Hacer creer al público de modo ameno que ya entendió algo que solo entenderá muchos años después del doctorado (ejemplo, el libro *El Universo en una cáscara de nuez*).”

“Los investigadores sólo escriben en inglés.”

“Yo no escribo divulgación, porque cuenta negativamente para el PRIDE y el SNI.”

A pesar de que existen definiciones cercanas a lo que se entiende por divulgación de la ciencia, se debe mencionarse que algunos investigadores están alejados de la divulgación de la ciencia y otros creen, por ejemplo, que los libros de Stephen Hawking son libros de divulgación de la ciencia (aunque algunos divulgadores pensamos que son libros complejos para la mayoría de los lectores). Otros como el que definió la divulgación como emocionar dan en el blanco.

6.3 Comparación entre la encuesta para estudiantes y la de maestros e investigadores

Resulta ilustrativo hacer una comparación entre ambas encuestas en las preguntas que son comunes, dado que ilustra los cambios de las generaciones de estudiantes y los maestros e investigadores, en la apreciación de la divulgación de la ciencia, durante los cuales ha cambiado tanto la educación en ciencia como la divulgación de la misma.

El interés por la física en los estudiantes se despertó en primer lugar por la lectura de un artículo de divulgación, mientras que para los maestros e investigadores por la motivación de un maestro. En segundo lugar de interés de los estudiantes para acercarse a la física está la visita a un museo de ciencia y la motivación de un maestro, mientras que para los maestros e investigadores lo ocupa la lectura de un libro de divulgación. En tercero, para los estudiantes resultó relevante un programa de divulgación en televisión, mientras que para los maestros e investigadores, fue otra razón, que no precisan.

En ambos casos queda demostrado que la lectura de un artículo o libro de divulgación de física es una de las razones principales que lleva a estudiantes, maestros e investigadores a estudiar física (la primera, en el caso de los estudiantes y la segunda, en el caso de maestros e investigadores).

La motivación de un maestro aparece en ambos casos, en primer lugar, en el caso de los maestros e investigadores y en segundo lugar, en el caso de los estudiantes. Dicho resultado confirma la creencia de que un buen maestro de física es fundamental para acercarse a estudiarla, pero como se señaló anteriormente, la lectura de un buen artículo de divulgación está por arriba (en el caso de los estudiantes) incluso de un buen maestro de física, lo que comprueba la hipótesis de que la divulgación de la ciencia, en este caso escrita en física, es una forma de educación complementaria. Y, por supuesto, es fundamental como vocación para elegir la carrera de física.

También debe destacarse que para los estudiantes de física resulta igualmente importante para despertar su interés por la física la visita a un museo de ciencia y la motivación de un maestro, lo que nuevamente muestra que la divulgación desempeña la función de educación complementaria para la población.

En relación con la segunda pregunta, tanto los estudiantes como los maestros e investigadores, realizaron sus primeras lecturas sobre física en libros de texto, libros y revistas de divulgación, aunque los porcentajes son superiores en el caso de los maestros e investigadores.

Para ambos grupos las lecturas de física son las que los motivaron a estudiar física, en alrededor de 90% de los casos, lo que habla por sí mismo de hacia dónde se deben dirigir los programas de educación; es decir, los programas de educación en ciencia necesariamente deben considerar a la divulgación de la ciencia como un componente fundamental. Por otro lado, se debe reconocer que a nivel de la educación básica pública, desde hace unos años, se toma en cuenta a la divulgación escrita en física, y en ciencia, en general, como parte de la enseñanza formal.

Los estudiantes, maestros e investigadores comparten que la elección de la carrera de física se debió al gusto por las lecturas de física (ya sean de divulgación o libros de texto), en primer lugar, en el caso de los estudiantes, y en segundo lugar, en el caso de maestros e investigadores; su experiencia con las clases de física (en primer lugar, en el caso de maestros e investigadores, y en segundo, para los estudiantes) y su relación con un maestro o investigador. Nuevamente, la lectura de revistas y libros de divulgación en física y libros de texto, así como la motivación de un maestro son los factores principales para estudiar la carrera de física.

Aquí habría que considerar que en los libros de texto y en las clases formales puede haber elementos de divulgación, lo cual podría ser motivo de otra investigación, y no es el objetivo de este trabajo. Es decir, los puntos comunes que comparte la educación formal y la divulgación.

También en la elección de la carrera de física la influencia de los padres es inferior en el caso de los estudiantes a la que ejercieron los padres con los maestros e investigadores (1.5% y 6.76%, respectivamente). Lo anterior muestra que los hijos cada vez tienen mayor libertad para escoger su carrera, pero también puede ser un indicador de que la educación familiar es menos representativa.

En relación con las lecturas habituales de estudiantes, maestros e investigadores, comparten libros y revistas especializadas, libros de texto y páginas de Internet, lo cual resulta comprensible. A pesar de ello, alrededor del 10% sigue leyendo libros y revistas de divulgación.

Finalmente, sobre la importancia que tienen la investigación, la enseñanza y la divulgación de la ciencia; ambos grupos las ponen en ese orden. Sin embargo, los estudiantes le otorgan a la investigación un porcentaje de 42.86%, mientras que a la enseñanza y la divulgación: 29.76% y 27.38%, respectivamente (estos porcentajes se calcularon considerando únicamente la respuesta de la mayor importancia, valor 5, como el 100%); por su parte, los maestros e investigadores, les dan los siguientes porcentajes: 35.25%, 33.72% y 31.03%, respectivamente.

La diferencia se puede deber a las expectativas que tienen los estudiantes de aspirar a ser investigadores, o a la madurez de los maestros e investigadores que se han dado cuenta que las tres actividades son igualmente importantes. Nótese que para los maestros e investigadores, la diferencia entre investigación, enseñanza y divulgación es de aproximadamente 2%, es decir, consideran a las tres actividades casi igualmente importantes, mientras que entre los estudiantes, existe una diferencia de más del 10% entre la investigación y la enseñanza y la divulgación.

En conclusión, la aplicación de ambas encuestas muestra la importancia de desarrollar y apoyar la divulgación de la física escrita y de la ciencia, en general, para que ingresen más estudiantes a la carrera de física.

Por otro lado, a partir de los resultados de las encuestas, también es deseable que tanto estudiantes, maestros e investigadores desempeñen un papel más activo para colaborar, hacer o dedicarse de tiempo completo a la divulgación escrita en física, en particular, y de la ciencia, en general. Los beneficios están a la vista.

Aquí únicamente se han analizado a los estudiantes, maestros e investigadores de física de la UNAM. Sin embargo, dicho estudio podría aplicarse a otras carreras como biología, matemáticas y química, por mencionar sólo algunas. Además, sería interesante realizar otra investigación a partir de encuestas diseñadas apropiadamente sobre los conocimientos de física y ciencia, en general, que poseen las personas sin preparación universitaria y las fuentes de dónde obtienen dichos conocimientos.

7. La divulgación de la ciencia como una forma de educación complementaria

Como señalé en el primer capítulo de este trabajo, una de las características de la divulgación es que cumple con una función educativa (véase el apartado 1.2.5). A pesar de que nuestro objetivo como divulgadores de la ciencia puede no ser educar a la población, sino en algunos casos realizar dicha actividad por puro placer o por pasar un rato agradable o provocar emoción, posee un componente educativo que no puede soslayarse. Nos guste o no quienes leen artículos de divulgación aprenden algo, aunque el objetivo explícito de quienes escriben pueda no ser educar. Los divulgadores de la ciencia emplean todos los recursos a su alcance para motivar a sus lectores, en el caso de la divulgación escrita, para que los lean. En este sentido, en principio, los divulgadores de la ciencia no tienen un lector cautivo, a diferencia de los maestros; aunque, por otro lado, los maestros y los investigadores son los mejores aliados de la divulgación y quienes la promueven y en muchos casos la practican. Un divulgador de la ciencia puede ser en el amplio sentido de la palabra un artista. Y su única función puede ser emocionar al público con lo que hace. Muchos divulgadores de la ciencia no tienen más pretensión que ésta. Y quienes logran atraer al público o a los lectores en el caso de la divulgación escrita, por caminos diversos (debidos a su creatividad y experiencia) son los mejores divulgadores.

Otra característica esencial de la divulgación de la ciencia es el contenido de lo que se divulga. Los divulgadores de la ciencia siempre debemos apegarnos a que el contenido sea más o menos correcto, con las consabidas simplificaciones y generalizaciones, por el nivel de conocimientos que poseen las personas a las que nos dirigimos o los lectores (por supuesto que el contenido nunca será como el de un artículo de un investigador sobre el tema o una clase de física universitaria). En el caso de la física, el manejo de las herramientas matemáticas, la lógica y el nivel de abstracción, son características fundamentales, que sólo se adquieren con la formación universitaria formal.

Los divulgadores de la ciencia podemos proporcionar una visión cercana al conocimiento de los investigadores y verdadera en cuanto a la ciencia, pero no por ello deformada, y esa es una de nuestras responsabilidades. Algunos divulgadores de la ciencia han estudiado física y matemáticas y tienen una visión general de ambas disciplinas. Y quienes pertenecen a otras áreas pueden estudiar un tema, asesorarse con otros divulgadores

o consultar a un experto. Aquí vale la pena subrayar que el trabajo de los divulgadores es un trabajo en equipo, donde cada parte aporta lo que sabe con un objetivo común: publicar un libro, revista, página electrónica, suplemento de ciencia o página de divulgación, en es caso de la divulgación escrita.

Hasta aquí he proporcionado dos aspectos fundamentales de los divulgadores de la ciencia. Por un lado, la parte artística, pero por otro, la parte de los contenidos. En este sentido, los divulgadores de la ciencia somos “una especie nueva”, no somos ni artistas ni maestros o investigadores, tampoco periodistas, comunicadores o educadores, aunque somos una combinación de todos. Lo que es un hecho, aunque muchos no lo acepten, es que los divulgadores de la ciencia somos científicos, como los intérpretes de una orquesta son músicos, y, por supuesto, también somos artistas, como sostiene Ana María Sánchez: la buena divulgación de la ciencia escrita es literatura⁴⁴, es decir, arte. Para que se entienda mejor, un gran escritor de narrativa científica puede ser un gran divulgador literario, así como también un gran escritor de narrativa ficticia es un gran divulgador literario.

Tanto como científicos y como artistas, los divulgadores de la ciencia colaboran para aumentar la cultura de la población, entendiendo la cultura en el amplio sentido de la palabra, es decir, el conocimiento en todas sus áreas, incluido el arte. Y aquí es donde entra en juego, el papel social de los divulgadores de la ciencia. A pesar de que el objetivo del artículo o libro de un divulgador no sea la educación, sí cumple con una función educativa relevante para la sociedad, cuando menos de cultura general. Es ahí donde creo que la divulgación de la ciencia desempeña una función de educación complementaria para la población.

Considero que la divulgación de la ciencia es una forma de educación complementaria, porque no se trata de una educación formal escolarizada, sino que complementa la educación formal o escolarizada.

No he empleado los términos de educación no formal o informal (que algunos divulgadores de la ciencia utilizan), para respetar la opinión que sostiene Carmen Sánchez (así como algunos educadores), en la que se define a la educación no formal como la que se recibe en cursos y talleres formales (pero que están fuera del sistema escolarizado formal) y

⁴⁴ Sánchez Mora, Ana María, *La divulgación de la ciencia como literatura*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 1999.

educación informal, la que nos proporcionan nuestros padres, los amigos o colegas, y que incluye a la divulgación. En otras palabras, dado que considero que tanto los cursos y talleres fuera del ámbito escolar, así como las publicaciones y otros medios de divulgación, pueden ser actividades de divulgación, es decir, que tanto la educación no formal como la informal pueden contener a la divulgación, prefiero utilizar el término de educación complementaria a la educación escolarizada para referirme al ámbito donde puede influir la divulgación.

Y aquí cito a Carmen Sánchez: “Dado que hoy en día se comprende que el aprendizaje no termina nunca, sino que continúa durante toda la vida, han surgido nuevos términos para abordar otras formas de hacer llegar los conocimientos, habilidades y destrezas a todos aquellos que por diversas razones ya no pertenecen al sistema educativo oficial. Tales términos son la *educación no formal* que es la educación organizada y planeada, pero fuera del marco estrictamente oficial (J. Sarramona, *La educación no formal*, CEAC, 1992), y la mal denominada *educación informal* (Moreno, E., “El lenguaje de la pedagogía”, en *Pedagogium*, año 1, núm. 6, 2001 y Trilla, J., *La educación fuera de la escuela*, Ariel, Barcelona, 1998), que es la educación que dura toda la vida y que no necesariamente tiene una intencionalidad o la pretensión de buscar un aprendizaje particular. Esta última podría equipararse, en el caso de la ciencia, a la divulgación, por su carácter por un lado propiciador de una cultura científica y por otro, porque la recepción de sus mensajes no necesariamente implica una voluntad de aprendizaje.”⁴⁵

Así que, en lugar del término de educación informal (aunque considero que la divulgación también tiene un componente no formal) que puede tener una connotación de falta de rigor o entenderse como poco profesional, la he llamado educación complementaria, porque complementa la educación tradicional que recibimos en la escuela y la universidad, como señalé anteriormente.⁴⁶

Considero como educación complementaria la educación que no recibimos en un salón de clases, y que podemos obtener de los diferentes medios de comunicación, ya sean libros, revistas, periódicos, radio, televisión, Internet, conferencias, talleres, cursos y museos o

⁴⁵ Sánchez Mora, María del Carmen, “El Museo de las Ciencias como foro educativo”, *Perspectivas docentes* 27, segunda época, núm. 27, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México, 2002.

⁴⁶ Roberto Sayavedra señala que el contenido de la educación no formal lo proporciona la divulgación de la ciencia, con lo cual estoy casi totalmente de acuerdo (como contraejemplo, un curso libre sobre astronomía no necesariamente es divulgación de la ciencia).

centros de ciencia. Además, dicha educación complementaria es una de las fuentes de conocimiento de lo que se denomina la cultura de una persona.

La hipótesis que sostengo en este trabajo y que he sostenido desde hace muchos años⁴⁷ es que la divulgación de la ciencia se puede aprovechar como una forma de educación complementaria para la población. Y vuelvo a recalcar que, a pesar de que muchos divulgadores de la ciencia no escriben para educar, están educando, o cuando menos colaboran para acrecentar la cultura de la población. Los divulgadores de la ciencia, de la física y de la divulgación escrita en física no tienen lectores cautivos y emplean todos los medios a su alcance para interesar a sus lectores, aunque muchos maestros e investigadores son los que recomiendan las lecturas de libros y artículos de divulgación y la practican. Por ello, éstos son los grandes aliados en el desarrollo de la divulgación, así como los medios de comunicación y quienes se dedican a fomentar el desarrollo de la cultura.

Decir que la ciencia es parte de la cultura, uno de los objetivos de la divulgación, tiene sentido cuando se llevan los conocimientos especializados de las llamadas ciencias exactas y naturales de una manera clara, sencilla, accesible y motivadora para quienes no saben matemáticas, física, química o biología (o las áreas afines), disciplinas que han estado más alejadas de las personas común y corrientes. Así que cuando nos encontramos revistas en las que se menciona que están dedicadas a la ciencia, el arte y la cultura, dividen el conocimiento en parcelas sin ninguna justificación, la cultura es una y universal; y la ciencia, en el sentido reducido del término (ciencias exactas y naturales) debe formar parte de la cultura general; la ciencia en el sentido amplio del término, entendida como los conocimientos que generan todas las disciplinas es la cultura que posee una persona.

Regresando a la divulgación de la ciencia como una forma de educación complementaria para la población, nos damos cuenta, en el caso de México, que el promedio de escolaridad es de segundo o tercero de secundaria⁴⁸. Por ello, fuera de la enseñanza escolarizada o formal que recibe una persona, la población mexicana no tiene acceso a los conocimientos que genera la ciencia (en el sentido reducido del término). Y aquí es donde los diferentes

⁴⁷ Tonda, Juan, "La función educativa de la divulgación", en *La diversidad en la divulgación de la ciencia*, Memorias del Segundo Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia, Xalapa, Veracruz, 20-22 de agosto de 1992, Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT), México, 1993.

⁴⁸ Se refiere al Promedio de escolaridad de la población de 15 años y más, considerando que en el 2000 era de 7.3 grados (segundo de secundaria). Fuente: INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Tabuladores básicos. Aguascalientes, Ags., 2001.

medios de comunicación pueden desempeñar una labor fundamental para contribuir con la educación de la población. Cuando hablo de los medios de comunicación me refiero, tanto a los medios masivos de comunicación, la televisión, la radio y la prensa, así como otros medios de comunicación, como los libros, las revistas, los museos y centros de ciencia, las páginas de Internet, el multimedia, el cine, el teatro, conferencias, cursos, talleres, entre otros.

Los medios masivos de comunicación, y el resto de los medios de comunicación, pueden desempeñar un papel relevante para educar a la población. Más aún, los medios de comunicación, masivos o no masivos, tienen la responsabilidad de contribuir en la educación del país, como una forma de educación complementaria. Y es ahí donde la divulgación de la ciencia desempeña un papel fundamental.

Muchas universidades, instituciones públicas y algunos empresarios se han dado cuenta de ello, y apoyan la divulgación, pero todavía falta mucho por hacer. Aquí hay que señalar que las instituciones públicas son las que han apoyado mayoritariamente los esfuerzos por divulgar la ciencia y que las empresas privadas, salvo algunas excepciones, no han asumido su compromiso para colaborar en esta forma de educación complementaria de la población, es decir, apoyar a la diferentes actividades de la divulgación de la ciencia. Esperemos que esta situación cambie.

Muchos medios de comunicación tienen un objetivo puramente económico o político, y han abandonado su compromiso con la educación del país, un compromiso social. ¿Cuántos noticieros dedican un espacio cotidiano a la ciencia? ¿Cuántas revistas y libros se dedican a la divulgación? ¿Cuántos editores de periódicos contratan a divulgadores de la ciencia para que escriban en ellos? ¿Cuántos programas de televisión o radio se dedican a la ciencia? Por otro lado, habría que preguntarnos ¿cuántos divulgadores de la ciencia tenemos listos para que los contraten los diferentes medios de comunicación?

Apoyar a la divulgación de la ciencia, económica y académicamente, significa contribuir para acrecentar la educación y cultura del país. No sólo la educación formal es importante, sino que la educación complementaria que recibe la población, a través de la divulgación de la ciencia, contribuye a tener personas preparadas, críticas y capaces, a pesar de que muchos divulgadores de la ciencia no tengamos más pretensión que agradar e interesar a nuestros lectores (en el caso de la divulgación escrita).

Finalmente, la comunidad científica debe unir sus esfuerzos para llevar la ciencia al resto de la sociedad mexicana. No basta con ser un excelente investigador o maestro de ciencia, sino que hay que llevar los conocimientos al resto de la sociedad, tarea de los divulgadores. Todas son tareas igualmente importantes y afortunadamente muchos investigadores y maestros, educadores, así como funcionarios gubernamentales, se han dado cuenta de ello.

Para concluir, preguntaría ¿cuánto de nuestro tiempo libre lo dedicamos a actividades que no nos dejan nada?: noticias banales o sensacionalistas, declaraciones políticas que nos dejan poco o nada, corrupción, noticias de pseudoartistas, violencia o desgracias. Y, ¿qué tiempo le dedicamos a actividades que nos formen y contribuyan a acrecentar nuestra cultura?

8. Conclusiones

En el presente trabajo he tratado de mostrar lo que se entiende por divulgación de la ciencia, así como otros términos que se emplean frecuentemente. Cuáles son desde mi punto de vista las características principales de la divulgación de la ciencia.⁶⁹ He proporcionado algunos elementos históricos para entender algunas de las aportaciones de los mexicanos a la ciencia, desde la época prehispánica hasta el siglo XIX, destacando la labor de los físicos y matemáticos mexicanos.

También he dibujado un boceto muy general de la historia de la divulgación de la ciencia en México, que espero que aporte algunos elementos para que mis colegas divulgadores hagan una investigación profunda sobre la historia de la divulgación de la ciencia en México.

En relación con la historia de la divulgación de la física escrita en la época reciente en revistas, libros y periódicos, aunque no he pretendido ser exhaustivo, creo haber proporcionado un panorama general de lo que se ha publicado, aunque éste sea incompleto. Aquí me gustaría destacar que los físicos han desempeñado un papel fundamental en el origen y desarrollo de la divulgación de la ciencia en México como una tarea profesional, sin demeritar el trabajo de otros profesionales de la divulgación. Muchas revistas mexicanas de divulgación han sido creadas o dirigidas por físicos (*Naturaleza, Ciencia y Desarrollo, Información Científica y Tecnológica, Ciencias, Chispa, Ciencia y ¿Cómo ves?*, por mencionar algunas).

Aquí vale recalcar que es necesario que existan más revistas y libros de divulgación para niños y jóvenes, dado que la mayoría de las revistas de divulgación están dirigidas a lectores universitarios. De hecho hoy no se cuenta con una revista de divulgación infantil, ni para jóvenes de secundaria o profesores de educación básica, mujeres adultas y tomadores de decisiones (llámense políticos, funcionarios y empresarios) lo que es un

⁶⁹ Roberto Sayavedra sostiene que el contexto de la educación no formal (o complementaria como la he llamado) de la ciencia y la tecnología es la divulgación de la ciencia. Es decir, que la divulgación de la ciencia es el contexto adecuado para aprender ciencia, fuera del ámbito de la educación formal. Creo en ello, pero me queda la duda de si es el único camino para acercarse al conocimiento científico y tecnológico. La educación formal básica ha aprovechado a la divulgación de la ciencia y también la divulgación de la ciencia se ha visto beneficiada por la educación formal. Lo único que propongo es que más allá de la educación formal, la divulgación de la ciencia representa un camino adecuado para poseer una cultura científica y acercarse a estudiar una carrera científica.

enorme hueco para el país, y los libros de divulgación para niños escritos por divulgadores de la ciencia mexicanos son muy escasos. En los periódicos, sólo se publica el suplemento *Investigación y Desarrollo*, en el periódico *La Jornada*, así como las secciones de ciencia de los periódicos *Reforma*, *El Financiero* y *Crónica* (así como algunos periódicos estatales). Aquí parece que CONACYT tiene la intención de apoyar nuevos suplementos y otros proyectos de divulgación, labor que debe reconocerse.

El diseño de dos encuestas para los estudiantes y los maestros e investigadores de física obedece a una “deformación profesional” y es mostrar que la teoría puede ser muy bonita, pero se debe corroborar experimentalmente. Debo reconocer que no sabía cuáles eran los resultados que iba a obtener, aunque me aferrara a mi hipótesis de que la divulgación de la física ocupaba un lugar fundamental para dedicarse a la física.

Los resultados de la encuesta mostraron que para los estudiantes de la carrera de física la lectura de un artículo en una revista de divulgación ocupa el primer lugar para llegar a estudiar física. Este resultado prueba la hipótesis inicial de que la divulgación de la ciencia desempeña un papel fundamental como educación complementaria, en este caso, para estudiar física. Y también corrobora que el desarrollo de las revistas de divulgación mexicanas, de gran tradición, no fue un esfuerzo en balde. Ahí están los resultados “experimentales”.

Pero, en segundo lugar, la visita a un museo de ciencia o la motivación de un maestro, también son características o actividades representativas para llegar a estudiar física.

En el caso de los maestros e investigadores, el interés por la física lo despertó inicialmente la motivación de un maestro, en primer lugar. Y me incluyo en estos resultados. Mi interés por la física lo despertó una maestra de física en la preparatoria, así como la influencia de mi padre. Todos deseamos que los maestros de física desempeñen un papel fundamental para acercar a los estudiantes a la carrera de física. Un buen maestro de física que motive a sus alumnos para que estudien física es fundamental, la encuesta nos muestra que no hay que abandonar dicha tarea. Pero, la hipótesis inicial una vez más se corroboró, para los maestros e investigadores, la lectura de un libro de divulgación de física ocupó el segundo lugar para estudiar física, a pesar de que la motivación de un maestro fue la más importante.

Si comparamos ambas encuestas, la motivación de los maestros de física desempeña un papel importante, lo cual apuntaría a fortalecer la enseñanza de la ciencia en México, lo cual supone tiempo, preparación, menor burocracia y buenos salarios. No está por demás señalar la revaloración de los maestros, en primer lugar de educación básica, media y superior, para contribuir en los hechos con la educación del país. Muy pocos físicos se dedican a preparar a los estudiantes en el nivel básico (casi podría afirmar que en la primaria ninguno). También hay que resaltar el papel que desempeñan los museos de ciencia para estudiar la carrera de física, mientras que entre los estudiantes ocupa el segundo lugar, entre los maestros e investigadores está en el noveno sitio. Este resultado también tiene relación con la creación reciente de museos de ciencia.

Para las primeras lecturas de física, el primer lugar lo ocupan los libros de texto, en ambos casos. Sin embargo, los libros y las revistas de divulgación están en segundo y tercer lugar, respectivamente. Contrario a lo que podría pensarse la red de redes, Internet, ocupa el séptimo y sexto lugar, para estudiantes y maestros e investigadores. Aquí vale la pena considerar el otro lado de la moneda, ¿los estudiantes tienen las mismas oportunidades de leer libros de texto y libros de divulgación? O ¿cuántos maestros les encargan a sus alumnos lecturas o actividades de divulgación?

De cualquier forma, la lectura y estudio de los libros de texto es más o menos obligatoria, mientras que la lectura de textos de divulgación es voluntaria.

Tanto estudiantes, maestros como investigadores de física están sumidos en la lectura de artículos y libros especializados o de texto, lo cual es comprensible, pero no podemos dejar de llamar la atención sobre uno de los objetivos de la divulgación y es poseer una cultura general sobre temas que no son los nuestros.

En relación con la hipótesis de todos los divulgadores de que en orden de importancia están la investigación, la enseñanza y la divulgación de la ciencia (difusión o extensión de la cultura, como se entiende en la UNAM), la encuesta aplicada a los estudiantes de física y a los físicos, muestra que así es. Lo que es un resultado revelador es que mientras que para los estudiantes la investigación ocupa un porcentaje muy superior, para los maestros e investigadores, las tres actividades están en alrededor del 30%. Este resultado muestra que los estudiantes de física tienen la ilusión de convertirse en investigadores, pero los investigadores en funciones y los maestros de física se han dado cuenta que las tres

actividades son casi igualmente importantes, o si no lo creen así, en la práctica han visto que las oportunidades reales de hacer investigación, tener una plaza y trabajo, son muy diferentes de las expectativas que tienen los estudiantes. Dicho resultado puede deberse a la falta de apoyo del gobierno en las universidades públicas para dedicarse a la investigación. Y, en general, a la falta de apoyo gubernamental, para la educación universitaria pública.

Por otro lado, la visión optimista de dicho resultado, es que los maestros e investigadores se han dado cuenta de que las tres actividades son igualmente importantes.

Las encuestas se separan en relación con la producción de artículos y libros de divulgación. Aquí sólo se les preguntó a los maestros e investigadores, cuál es su producción en divulgación de la ciencia. Como se señaló en el capítulo de resultados y análisis de las encuestas la producción de artículos y libros de divulgación en física es muy reducida, si se compara con la producción de los divulgadores profesionales. Todo lo anterior, sin considerar que alrededor del 7% de los maestros e investigadores hace divulgación.

Aquí habría que señalar que, por un lado, el sistema de evaluación de los físicos (a través de las universidades y el CONACYT) no fortalece su trabajo de divulgación; más aún, algunos investigadores han señalado que los trabajos en divulgación se consideran como puntos negativos. Afortunadamente, el CONACYT, por primera vez, ha cambiado su política y ahora afirma que tomará en cuenta los trabajos de divulgación para otorgar apoyos. Lo que ahora ha quedado afuera es el apoyo a los maestros de ciencia (entendida en el sentido restringido). Y las razones de lo anterior son puramente económicas. En este sentido la divulgación de la ciencia puede verse fortalecida, pero no puede dejarse de lado el apoyo a los maestros. En problema de fondo es que tanto investigadores, maestros como divulgadores de la ciencia, deben recibir una remuneración adecuada a su preparación, siempre y cuando realicen un trabajo de calidad.

Para resumir, la encuesta aplicada a estudiantes, maestros e investigadores de física, ha mostrado que la divulgación en física y ciencia, en general, desempeña un lugar relevante para dedicarse a la física. Así que confirma la hipótesis de que la divulgación de la ciencia es una forma de educación complementaria para la población, en este pequeño universo. Y, por supuesto, que la divulgación de la ciencia promueve la vocación para estudiar la carrera de física (entendida como gusto por estudiar física).

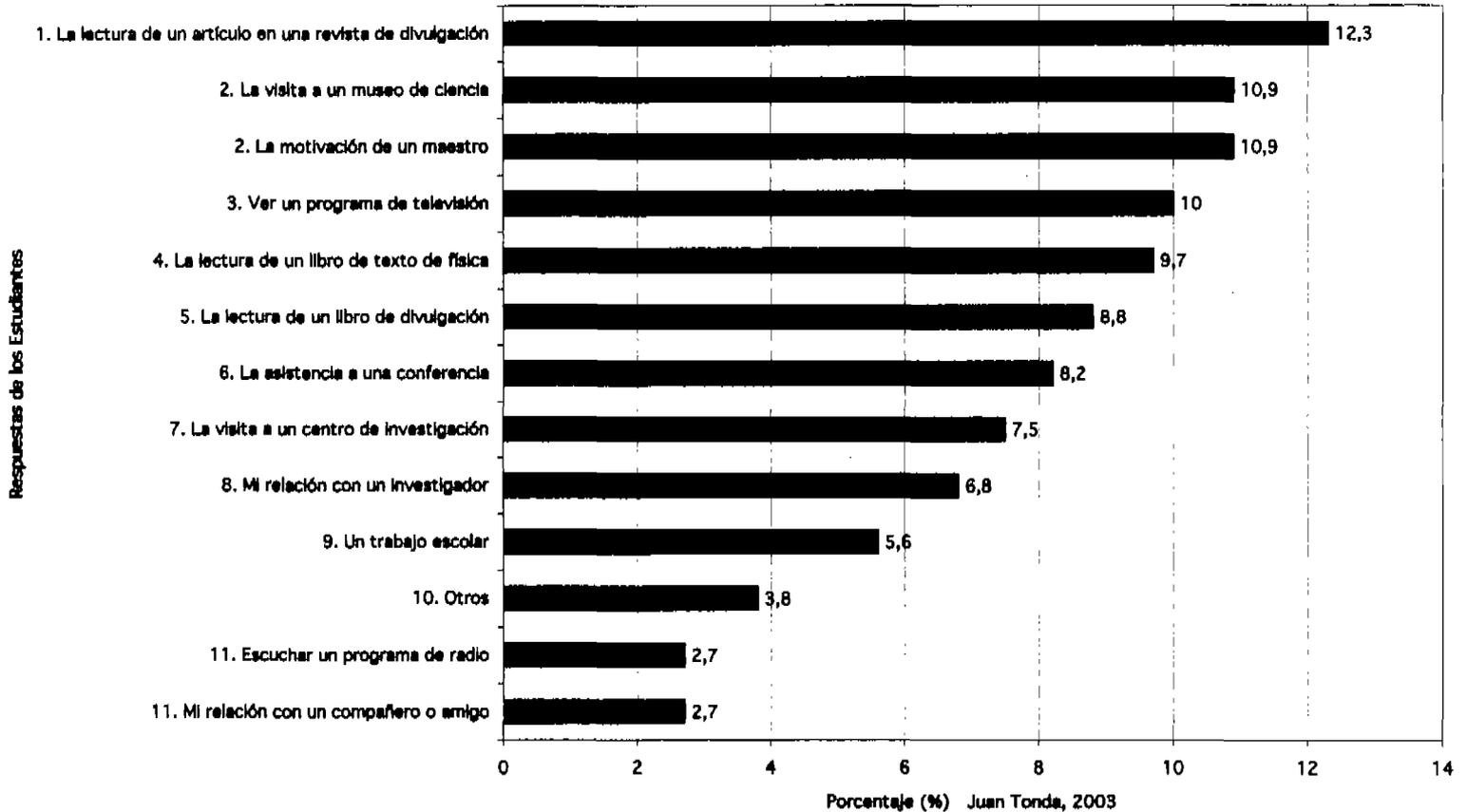
Las encuestas se han aplicado a estudiantes de física y físicos. Sin embargo, el estudio puede ampliarse a otras disciplinas, como matemáticas, biología y química, a nivel universitario. También puede extenderse a otros sectores de la población que no posean conocimientos sobre física, o ciencia en general.

Terminaré diciendo que los conocimientos de física, de ciencia y de todas las disciplinas deben llevarse a amplios sectores de la población, de una manera clara, sencilla y emocionante, cuidando siempre el contenido de lo que se divulga.

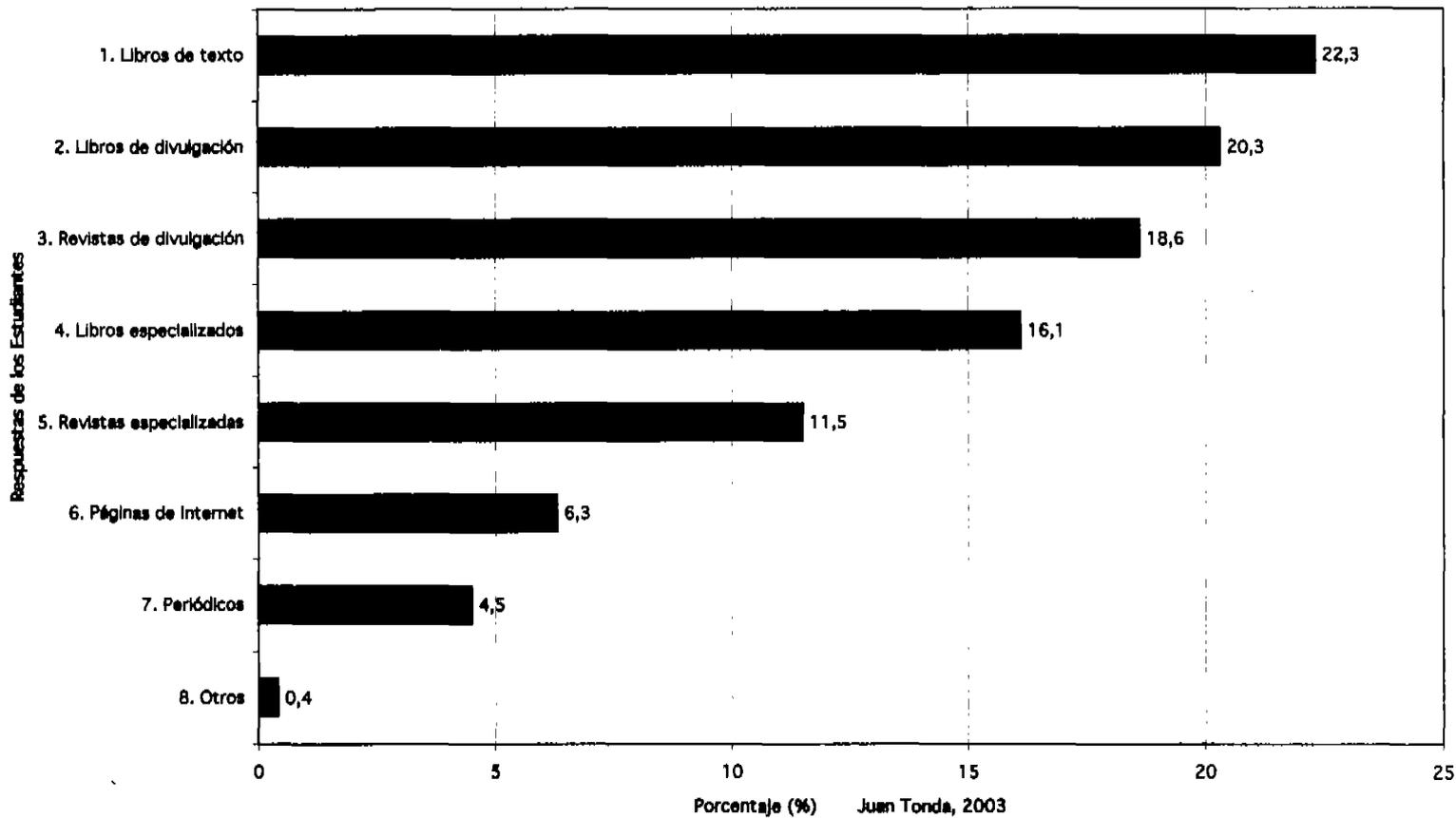
Apéndices

Apéndice 1. Resultados gráficos de la encuesta para estudiantes

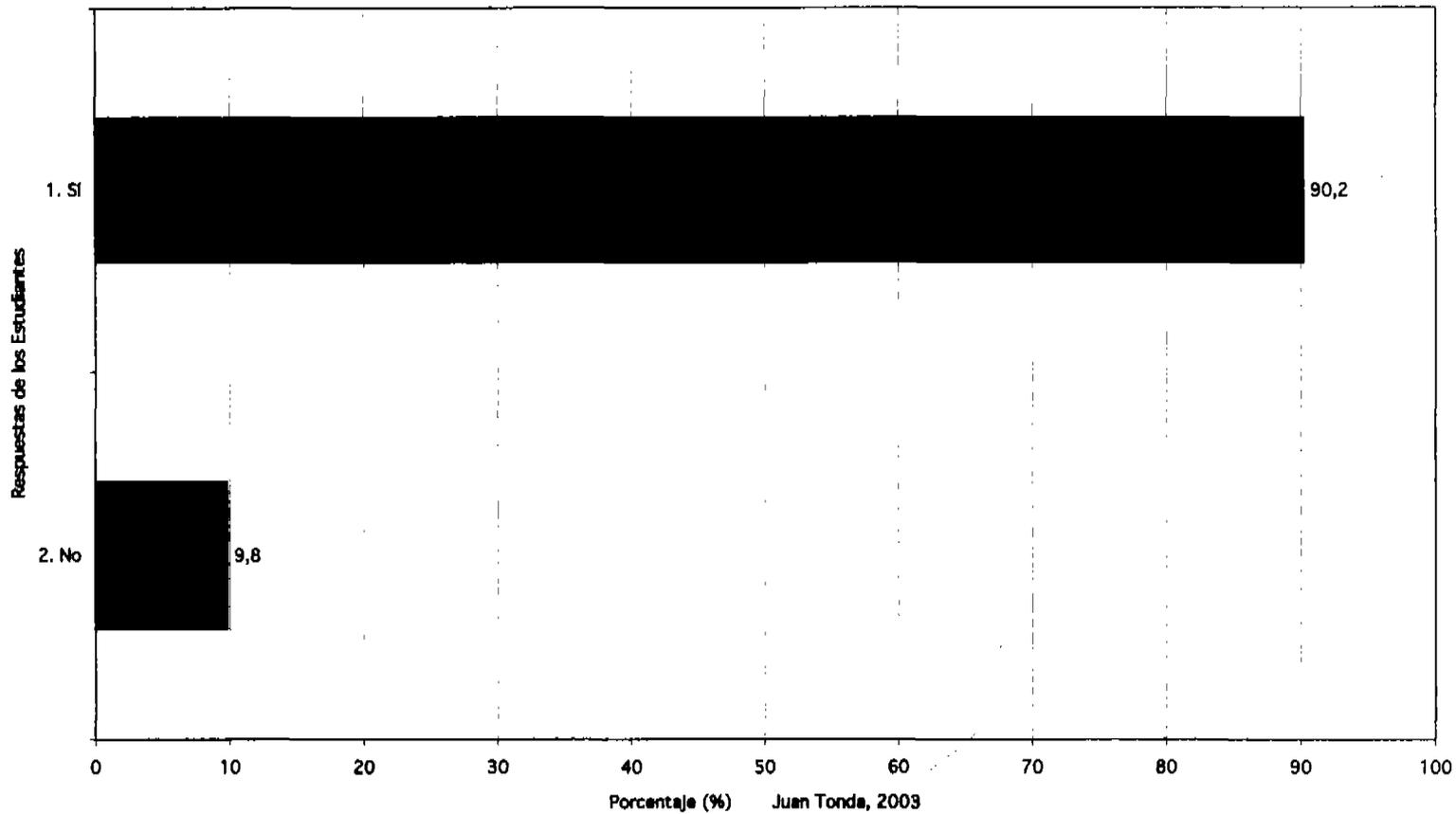
1. Mi interés por la física se despertó inicialmente por:



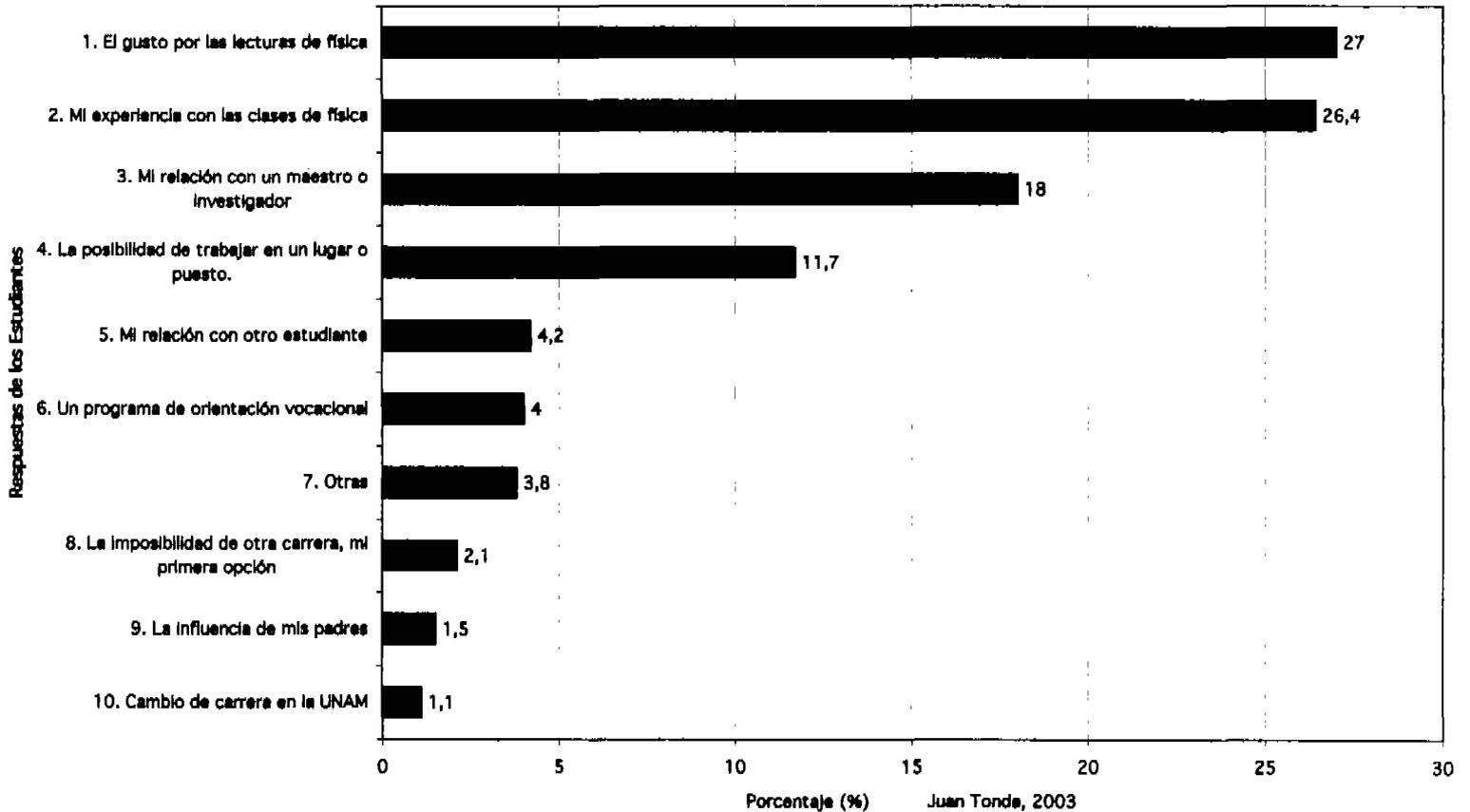
2. Realicé mis primeras lecturas sobre física en:



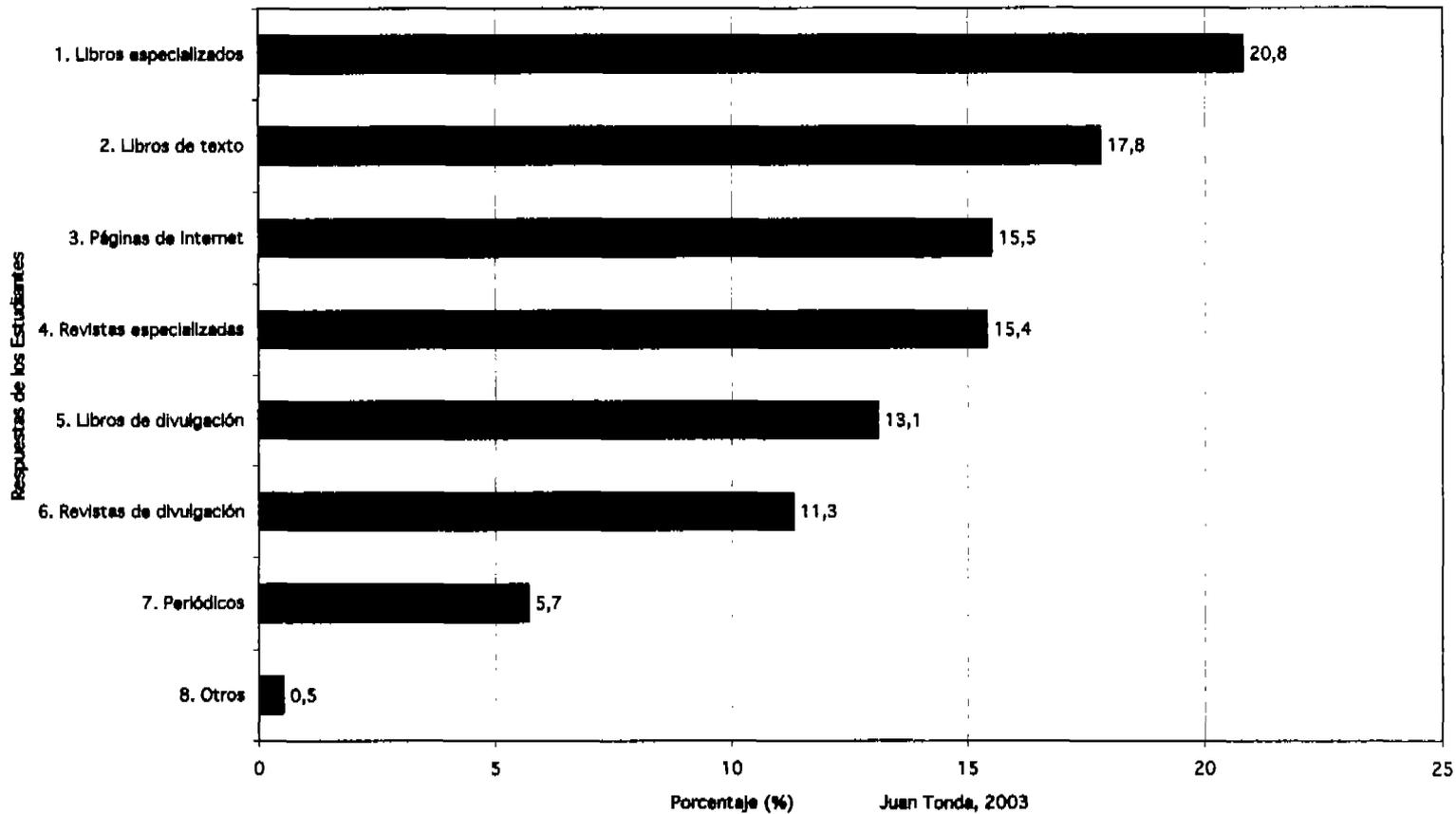
3. ¿Estas primeras lecturas sobre física me motivaron a acercarme a la ciencia?



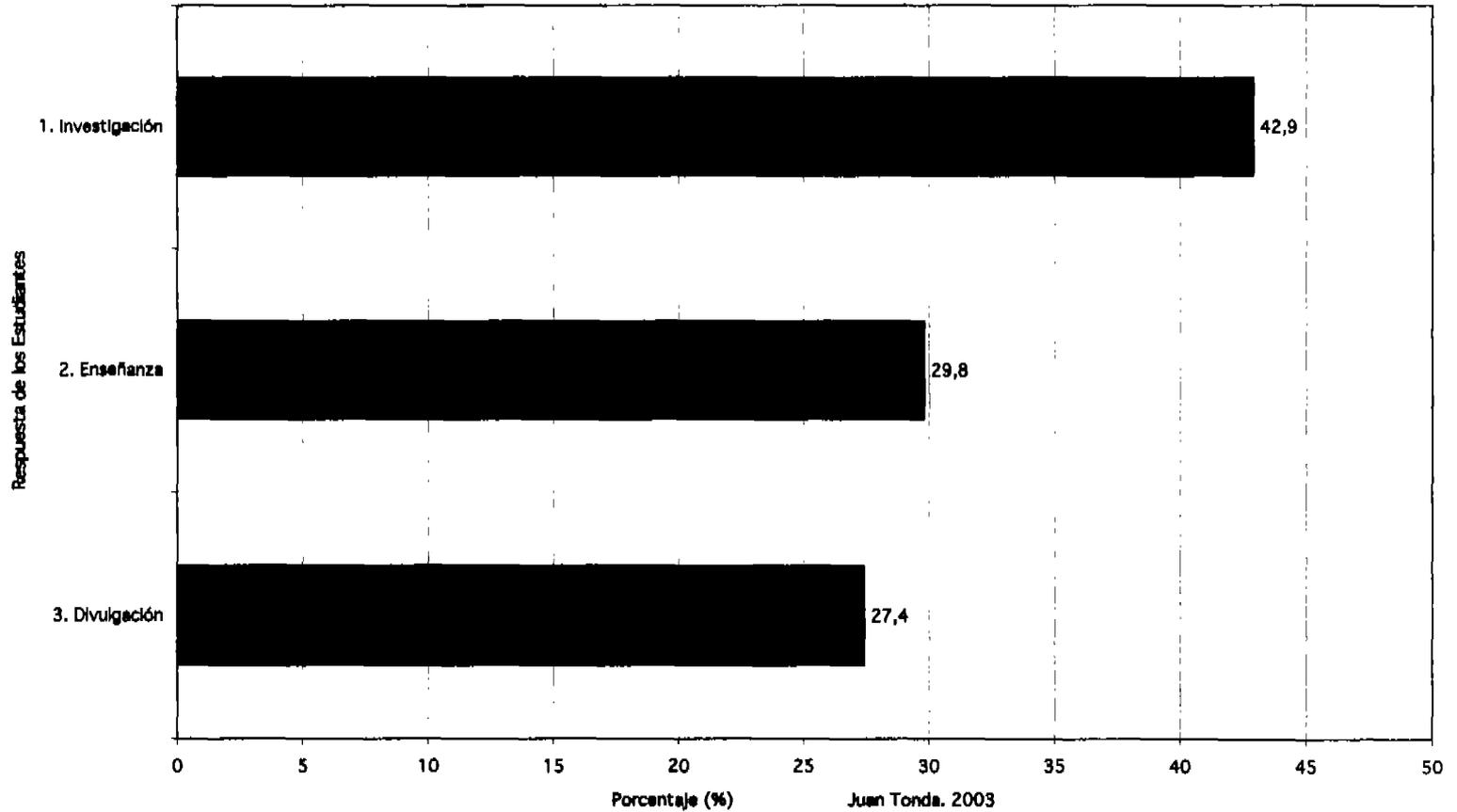
4. Para elegir la carrera de física influyó:



5. Habitualmente realizo lecturas en:

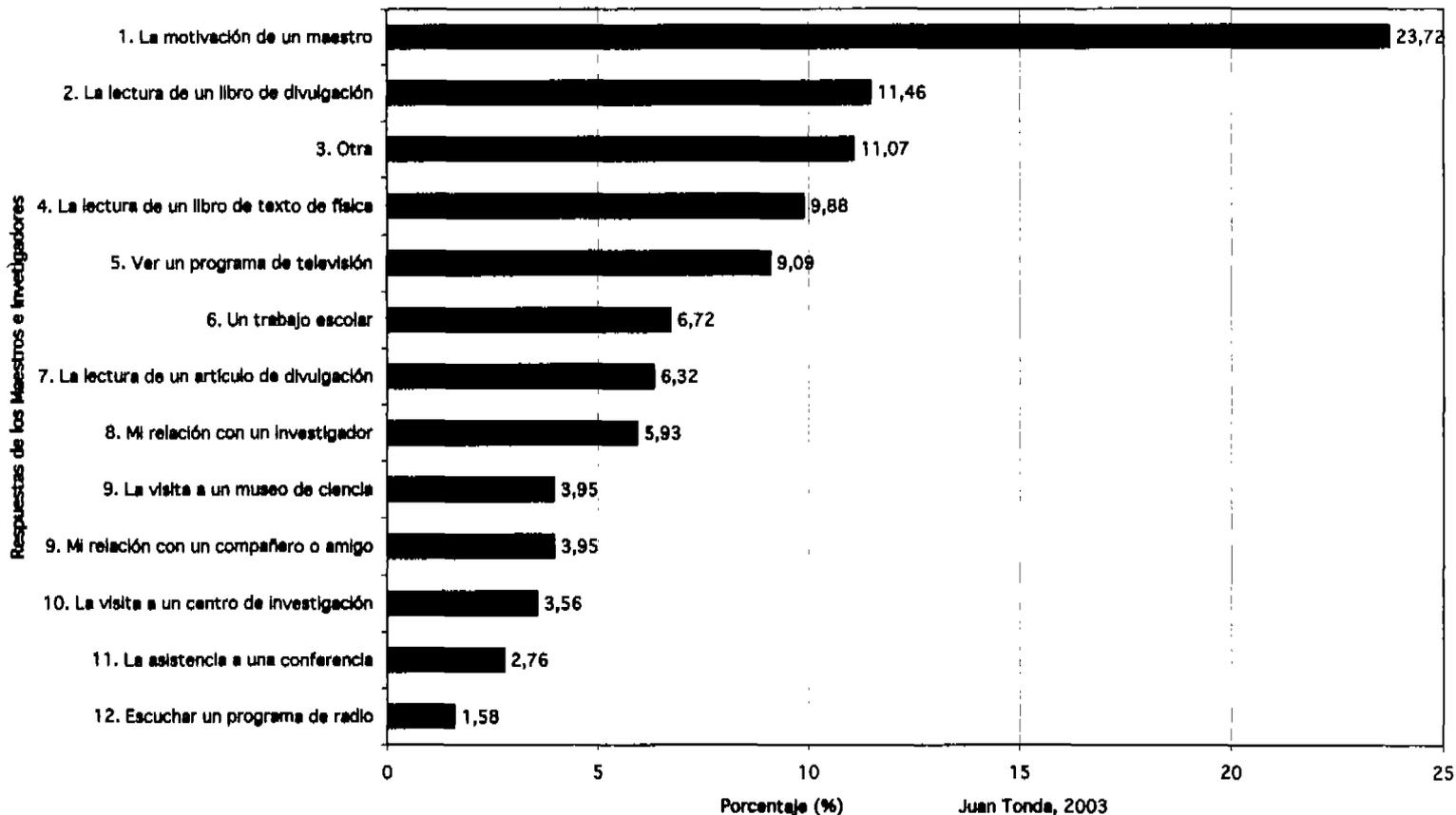


6. De las siguientes actividades la más importante es:

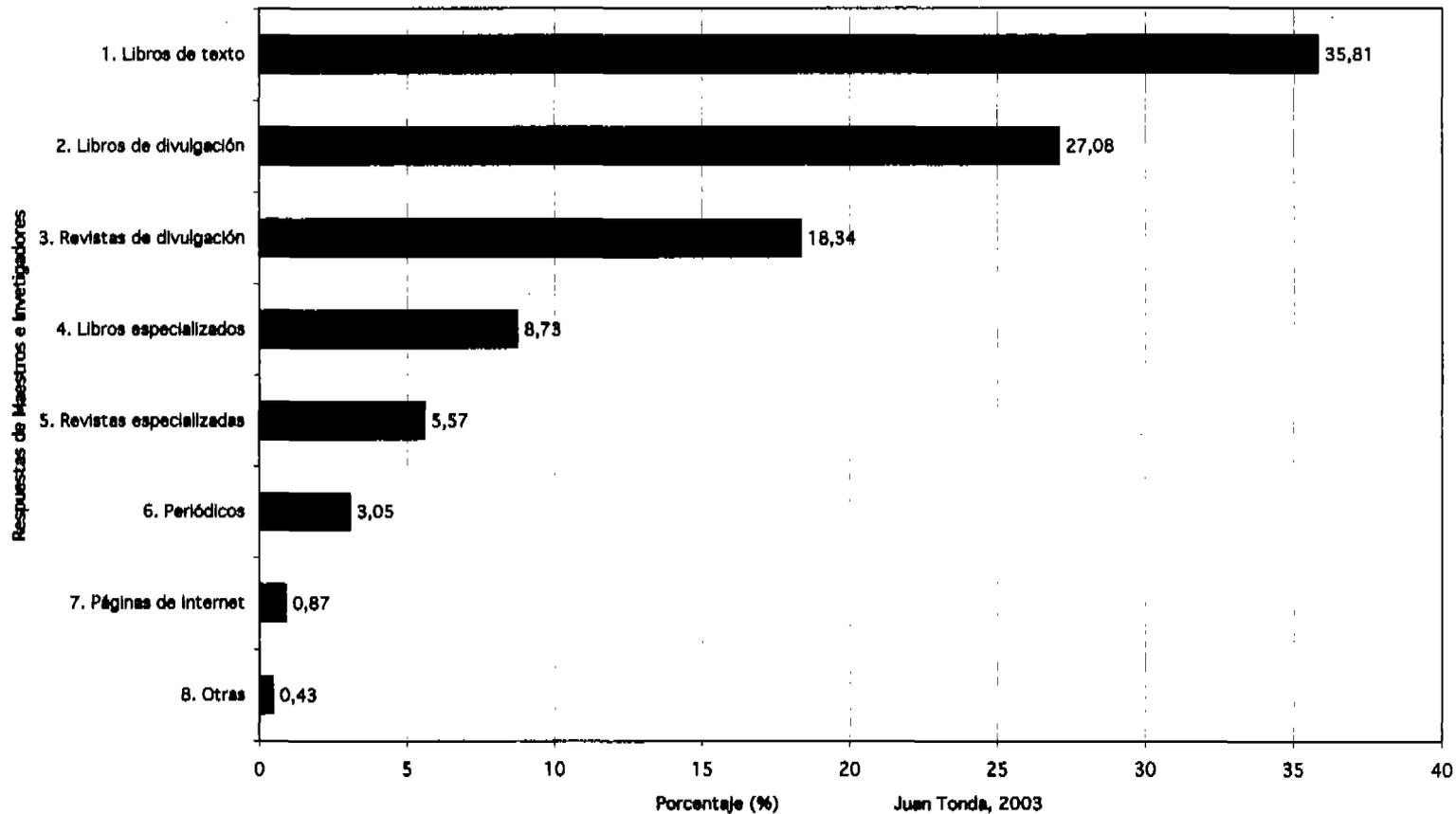


Apéndice 2. Resultados gráficos de la encuesta para maestros e investigadores

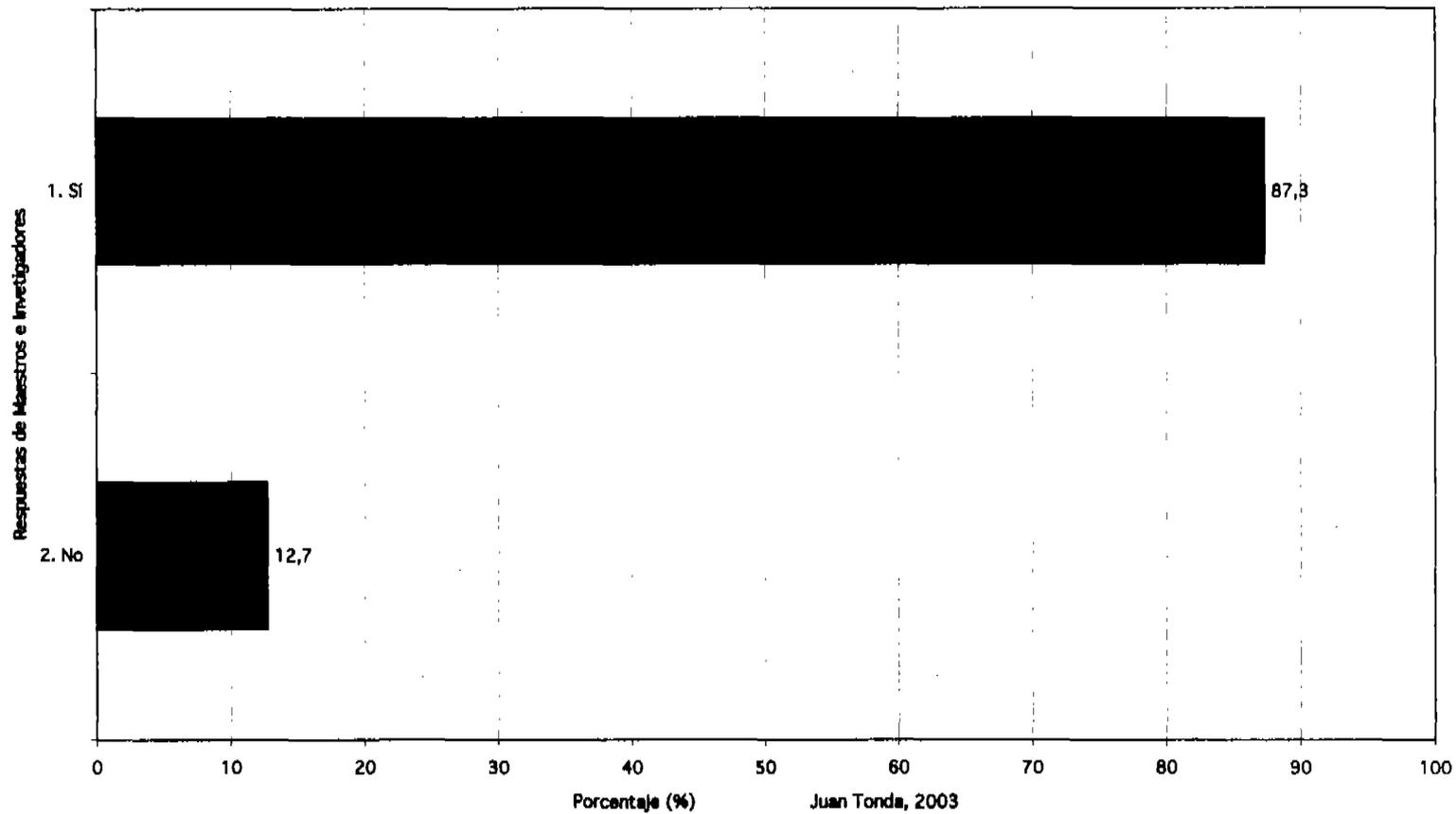
1. Mi interés por la física se despertó inicialmente por:



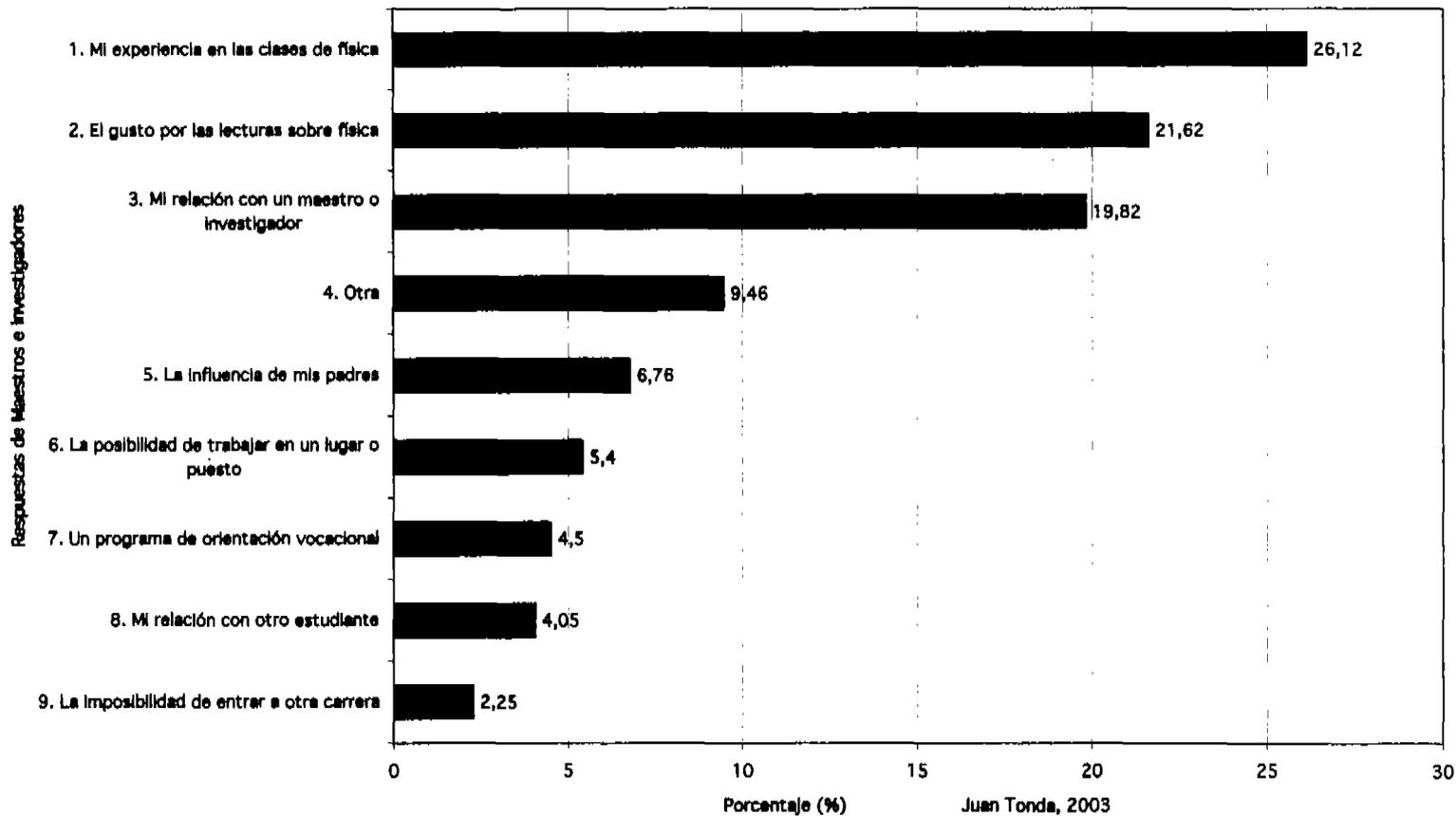
2. Realicé mis primeras lecturas sobre física en:



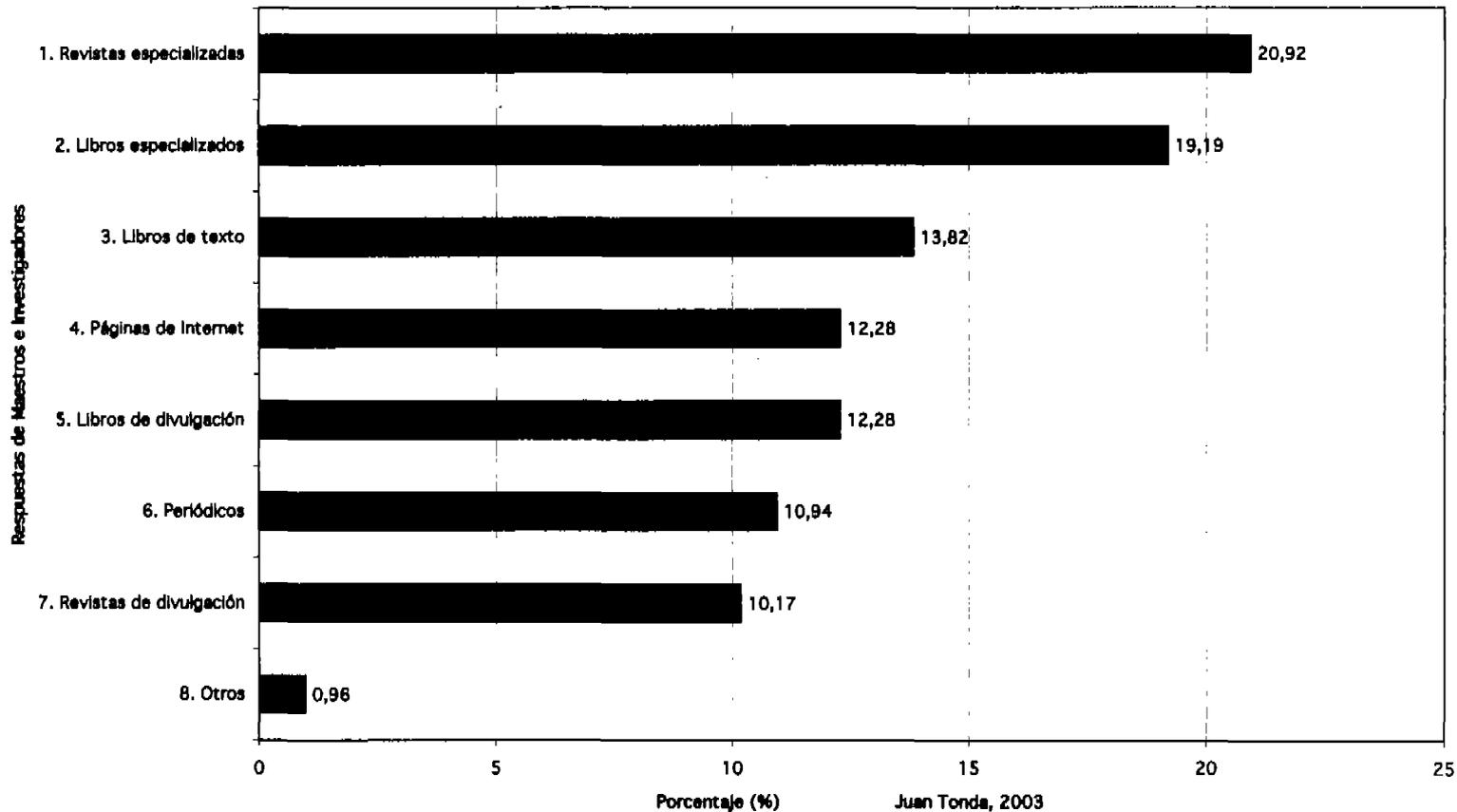
3. ¿Estas primeras lecturas me motivaron para acercarme a la física?



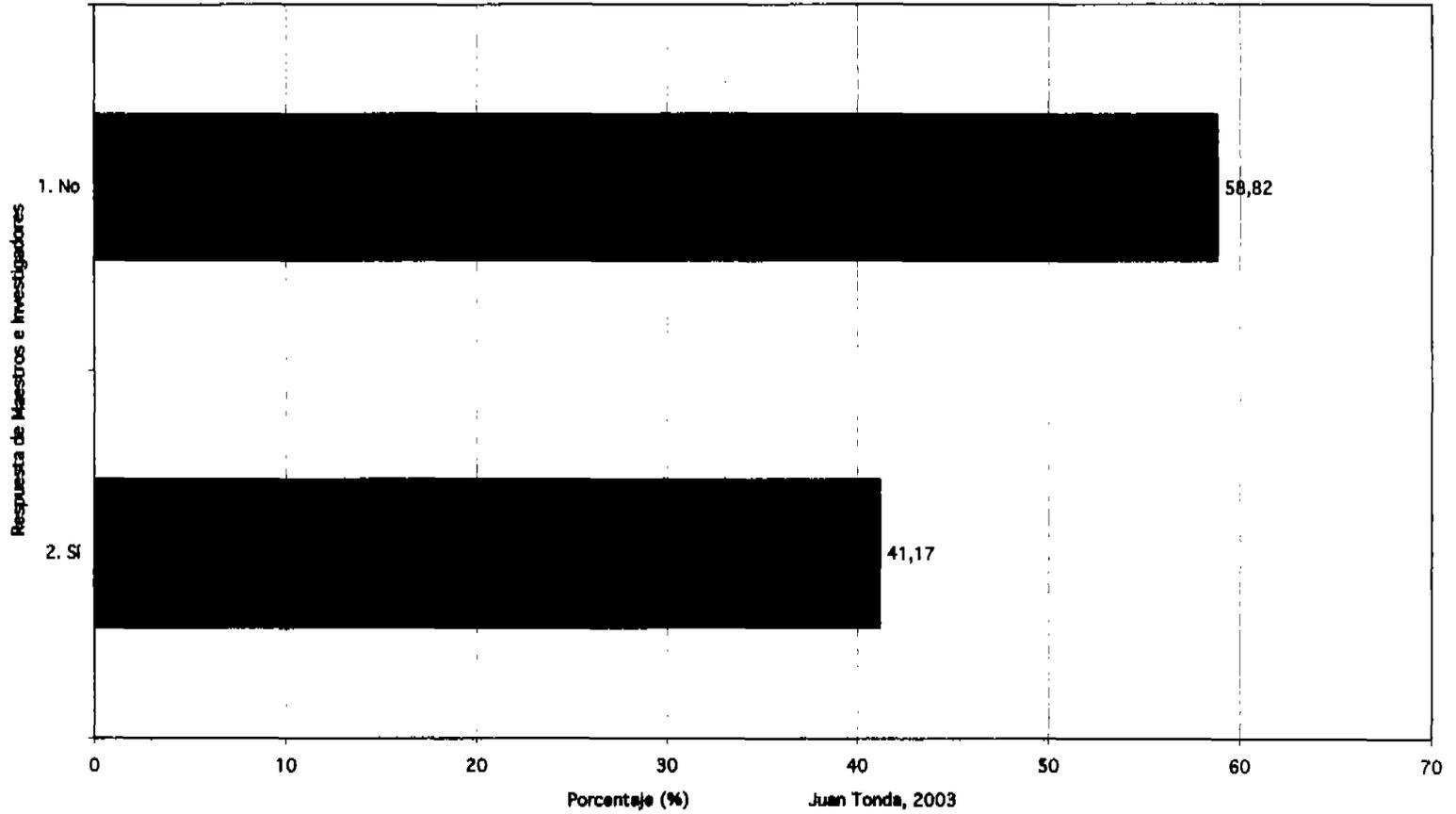
4. Para elegir la carrera de física influyó:



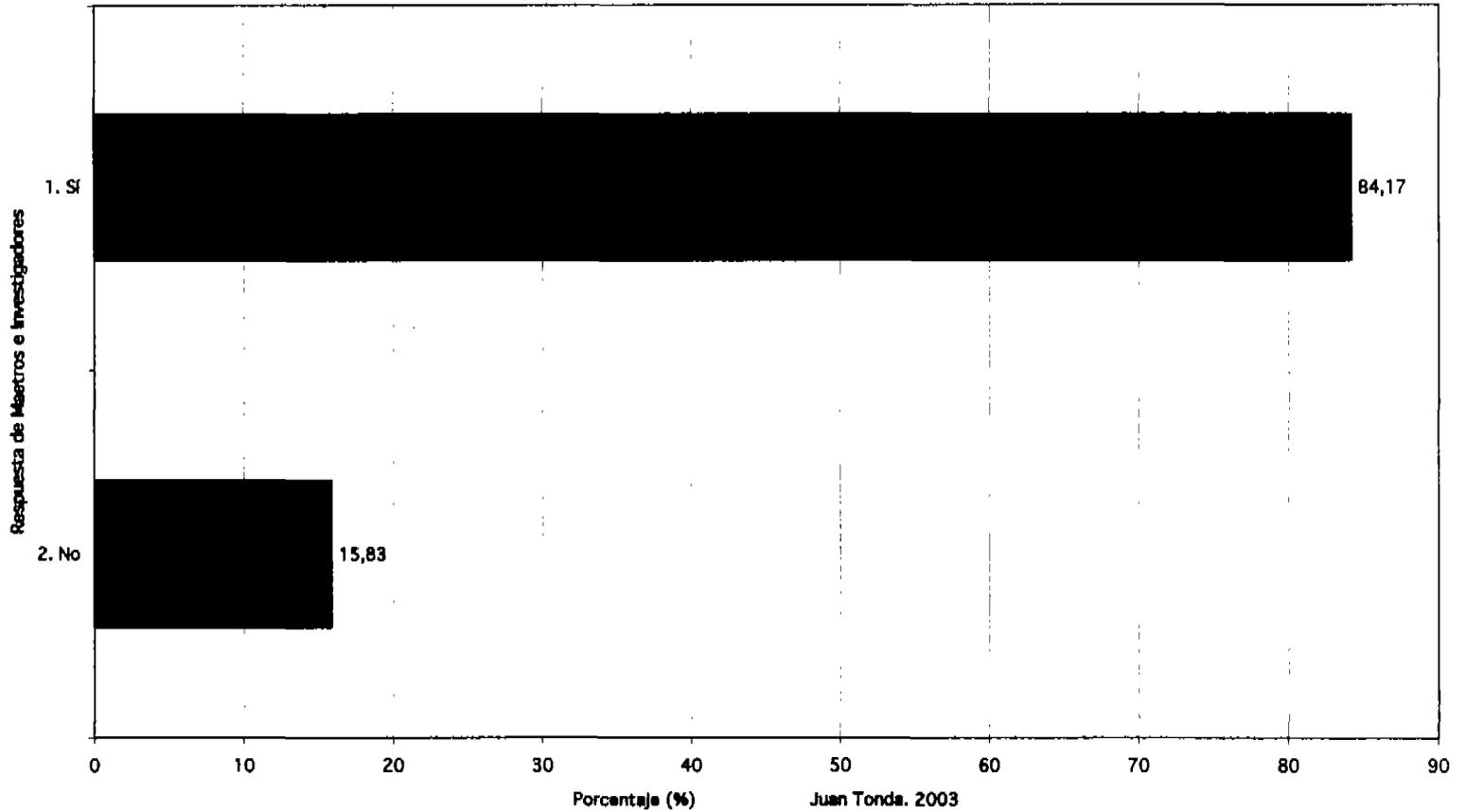
5. Habitualmente realizo lecturas en:



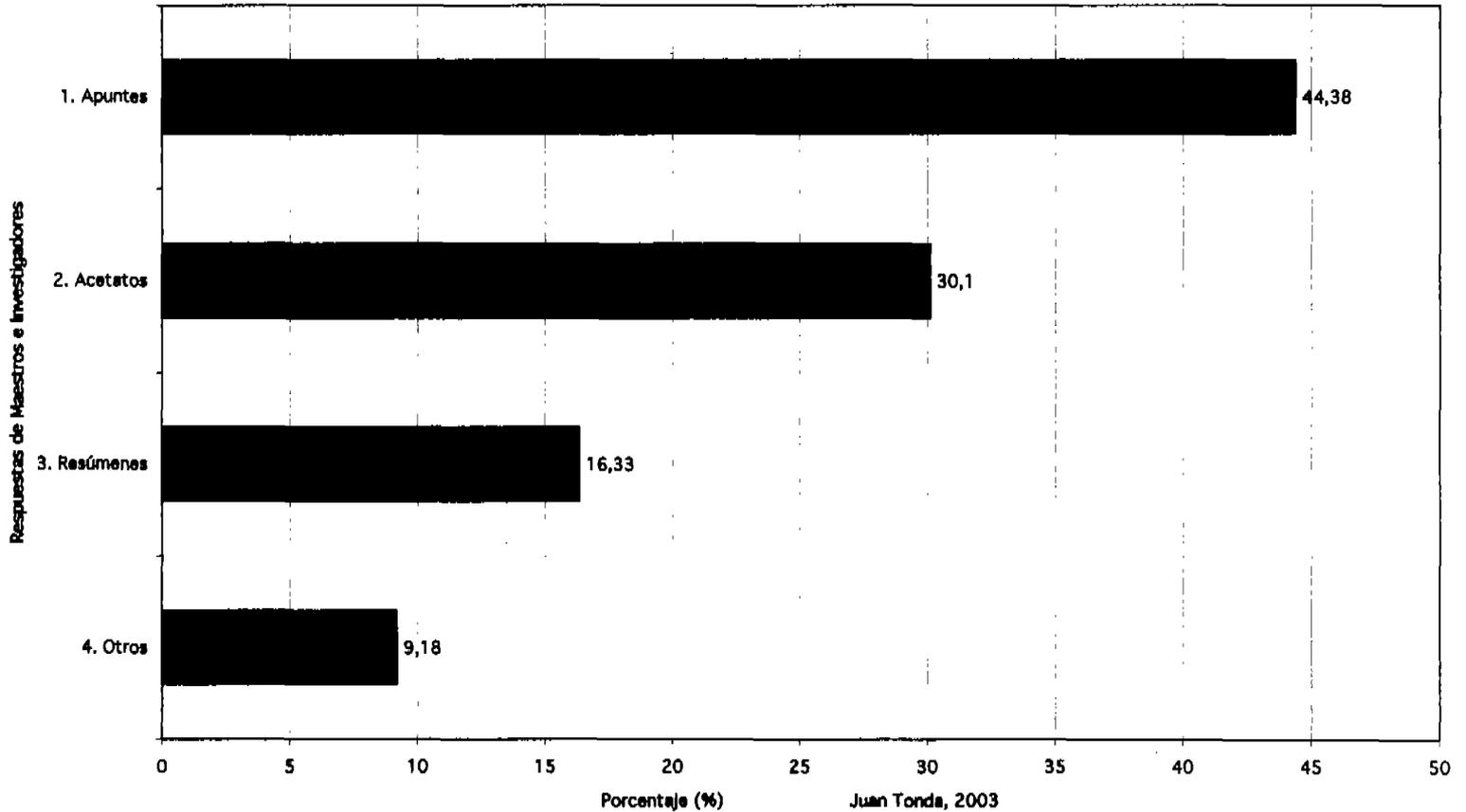
6. ¿Escribe artículos o libros de divulgación?



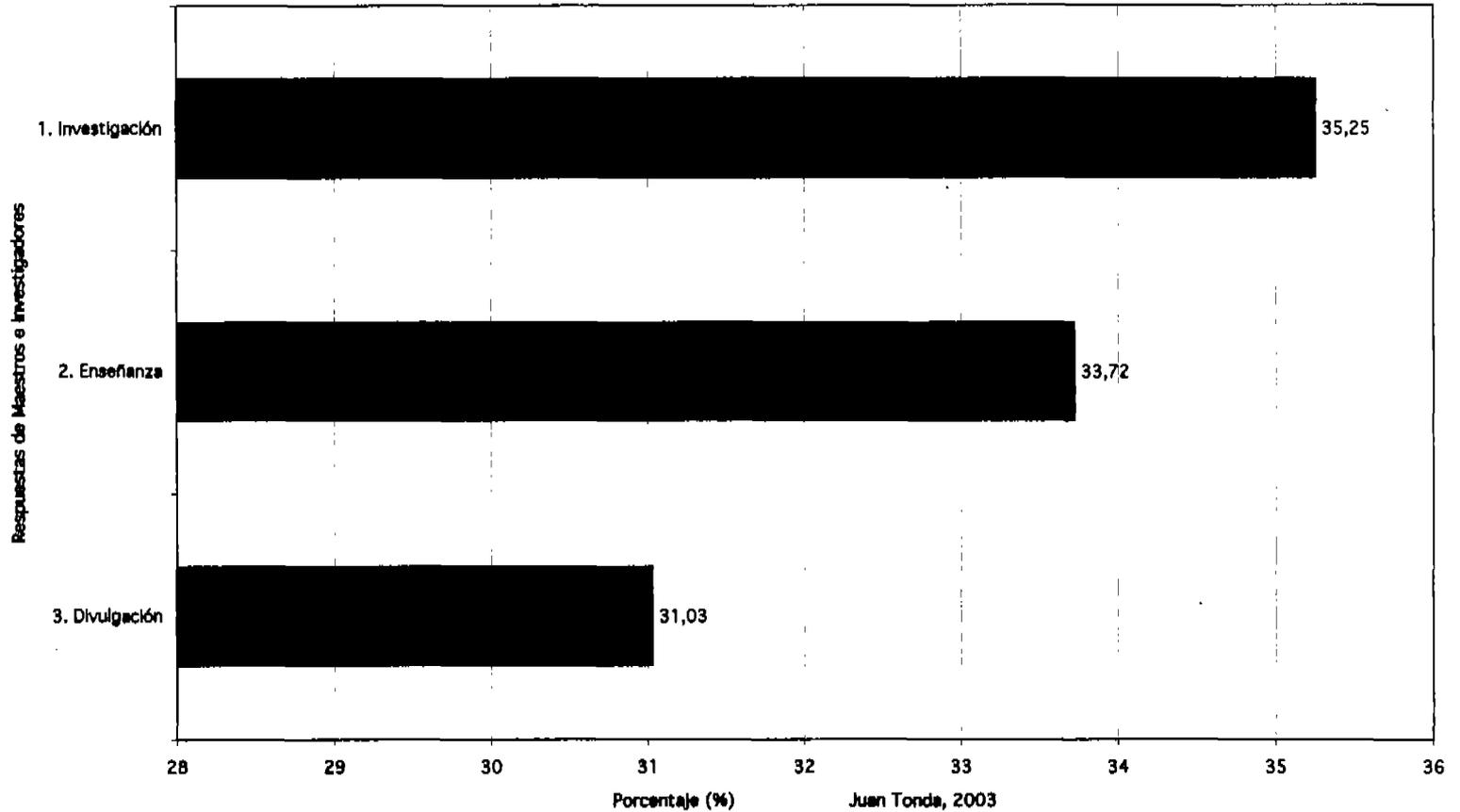
7. ¿Escribe materiales para impartir sus clases?



7a. ¿Qué tipo de materiales emplea para impartir sus clases?



8. De las siguientes actividades la más importante es:



Bibliografía y referencias generales

1. Allen, Christine, "Catástrofes terrestres de origen cósmico. Segunda parte: La extinción de los dinosaurios", como parte de la sección Descubriendo el Universo, escrita por Christine Allen, Arcadio Poveda y José de la Herrán, *Ciencia y Desarrollo*, CONACYT, Núm. 54 Vol. IX, de enero-febrero, 1984.
2. Calvo, Hernando, Manuel, *Divulgación y periodismo científico: entre la claridad y la exactitud*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 2003.
3. Calvo Hernando, Manuel, *Periodismo científico*, Paraninfo, Madrid, 1992, 172 pp.
4. De la Herrán, José, "Y se hizo la luz... eléctrica", *¿Cómo ves?*, Año 1 Núm. 3, febrero de 1999, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 1999.
5. De Oyarzábal, Juan, "La comunicación de la ciencia", *Naturaleza*, Vol. 14 Núm. 6 (100), Asociación para la Divulgación Científica H. A. Lorentz, A. C.-UNAM, México, 1983.
6. De Régules Ruiz-Funes, Sergio, "Luzca más joven: viaje rápido", en *El sol muerto de risa*, Colección La Biblioreca de Hipatia, Pangea Editores, México, 1998.
7. Del Río Haza, Fernando, "La termodinámica clásica", *Naturaleza*, Vol. 14 Núm. 6, (100), 6/83, Asociación para la Divulgación Científica H. A. Lorentz, A. C.-UNAM, México, 1983.
8. Estrada, Luis, Fortes, Jacqueline, Lomnitz, Larissa y María Luisa Rodríguez Salas, *La divulgación de la ciencia*, Cuadernos de Extensión Universitaria, UNAM, México, 1981.
9. Estrada Martínez, Luis, "100 años de física cuántica", *¿Cómo ves?*, Año 3 Núm. 25, diciembre de 2000, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 2002.
10. Estrada Martínez, Luis (coordinador), *La divulgación de la ciencia: ¿educación, apostolado o ...?*, Cuadernos de Divulgación para Divulgadores, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 2003 (en prensa).
11. Ferris, Timothy, "On the Popularization of Science", en *The Future of Spacetime*, Norton, New York, 2002.
12. Fierro Gossman, Julieta, *Extraterrestres. Vistos desde la ciencia*, Lectorum, México, 2000.
13. García Bergua, Alicia, "La divulgación de la ciencia por escrito", *Naturaleza*, Vol. 14 Núm. 5 (99), octubre, Asociación para la Divulgación Científica H. A. Lorentz, A. C.-UNAM, México, 1983.
14. García Fernández, Horacio, *La bomba y sus hombres*, Colección Viaje al Centro de la Ciencia, Núm. 9, ADN Editores-Conaculta, México, 1997.
15. García Fernández, Horacio, *Genética para el futuro*, Colección Esto es química, ¿y qué?, Facultad de Química, UNAM, México, 1997.
16. Gardner, Howard, *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas*, Paidós, México, 1999.
17. Hacyan, Shahen, "¿Un hoyo negro amenaza a la Tierra?", en *Cuando la ciencia nos alcance I*, Colección La Ciencia para Todos, Núm. 160, Fondo de Cultura Económica, México, 1998 (publicado originalmente el 1 de marzo de 1993, en el periódico *La Jornada*).

18. Herrera Andrade, Miguel Ángel, "La exploración del espacio"; *¿Cómo ves?*, Año 4 Núm. 38, enero de 2002, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 2002.
18. Lomnitz, Cinna, "Orígenes de los océanos, los continentes, los temblores y los geofísicos", de Cinna Lomnitz, *Naturaleza*, Vol. 14 Núm. 6, (100), 6/83, Asociación para la Divulgación Científica H. A. Lorentz, A. C.-UNAM, México, 1983.
19. López Beltrán, Carlos, "La creatividad en la divulgación de la ciencia", *Naturaleza*, Vol. 14 Núm. 5 (99), octubre, Asociación para la Divulgación Científica H. A. Lorentz, A. C.-UNAM, México, 1983.
20. Lozano, Juan Manuel, "Acerca de la historia de la física en México", *Naturaleza*, Vol. 5 Núm. 6, Departamento de Ciencias de la Dirección General de Difusión Cultural, UNAM, México, 1974.
21. Menchaca, Arturo, "La física en México. Los temas y las instituciones", en *Las ciencias exactas en México*, Biblioteca Mexicana, FCE, México, 2000.
22. Saladino García, Alberto, *Ciencia y prensa durante la ilustración latinoamericana*, Universidad Autónoma del Estado de México, México, 1996.
23. Sánchez Mora, Ana María, *La divulgación de la ciencia como literatura*, Colección Divulgación para Divulgadores, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 1998.
24. Sánchez Mora, Ana María, "Don Romualdo, la masa y el peso", *Relatos de ciencia*, ADN Editores-Conaculta, México, 1996.
25. Sánchez Mora, María del Carmen, "El Museo de las Ciencias como foro educativo", *Perspectivas docentes* 27, segunda época, núm. 27, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México, 2002.
26. SOMEDICYT, *La diversidad en la divulgación de la ciencia*, Memorias del Segundo Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia, 20-22 de agosto, 1992, Xalapa, Veracruz, SOMEDICYT, México, 1993.
27. SOMEDICYT, *Reflexiones sobre la divulgación de la ciencia*, Memorias del Primer Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia, 18-20 de abril, 1991, Michoacán, Morelia, SOMEDICYT, México, 1992.
28. Tonda, Juan, Sánchez, Ana María y Nemesio Chávez (coordinadores), *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Colección Divulgación para Divulgadores, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, 2002.
29. Trabulsee, Elías, *La obra científica de Don Carlos de Sigüenza y Góngora 1667-1700*, Actas de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, Ciclo de Conferencias, Programa Académico 1989, México, 1989, 26 pp.
30. Trabulsee, Elías, *Historia de la ciencia en México (versión abreviada)*, Fondo de Cultura Económica, México, 1997.
31. Wagensberg, Jorge, *Si la naturaleza es la respuesta, ¿cuál es la pregunta?*, Colección Metatemáticas, Tusquets, Barcelona, España, 2003.
32. Zamarrón, Guadalupe, *La divulgación de la ciencia en México: una aproximación*, Serie Cuadernos de Divulgación, Núm. 1, SOMEDICYT, México, 1994.