

Cinvestav²⁵

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS | VOL. 25, NÚM. 02 | ABRIL - JUNIO 2006



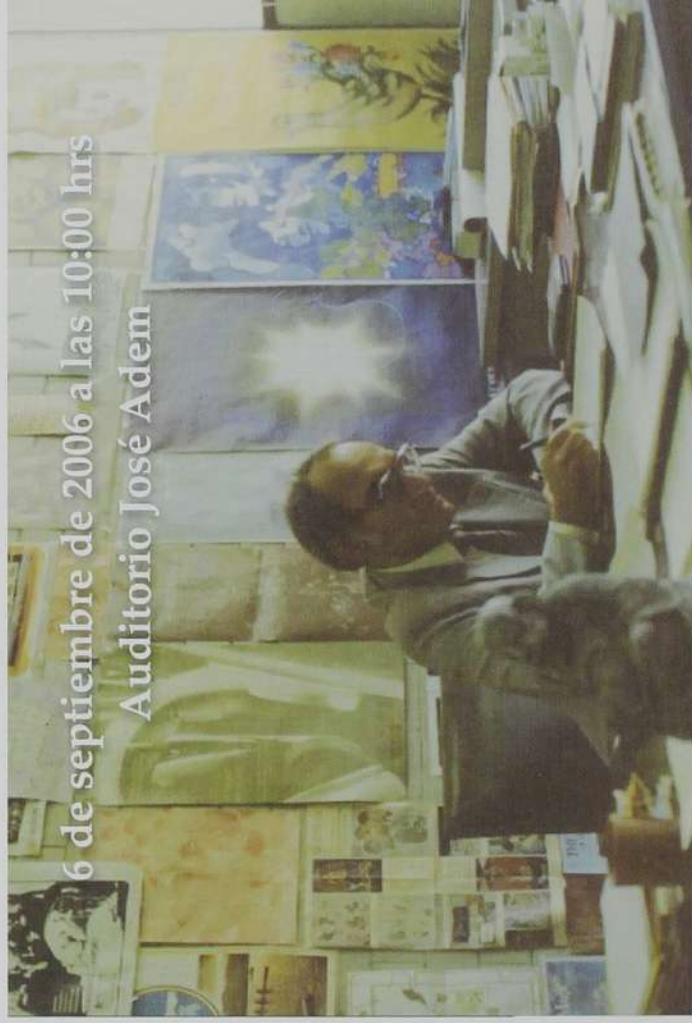
CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AL ALCANCE DE
TODOS

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados



Cinvestav

El Departamento de Física del Cinvestav lo invita a la
Ceremonia de Inauguración de la Biblioteca Jerzy Plebański

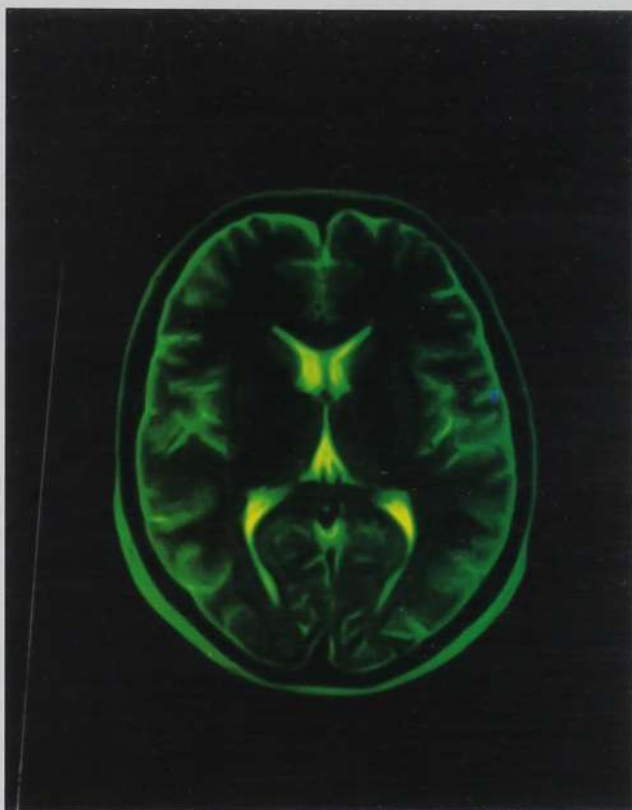


Bienvenida y apertura (10:00-10:15:00 hrs)
Jerzy en la memoria de sus colaboradores y amigos (10:15-11:00 hrs)
Presentación de libros (ver programa, 11:00-11:45 hrs)
Inauguración y develación de la placa conmemorativa (12:00 hrs)

A partir de las 16:00 hrs habrá una serie de seminarios sobre
el trabajo científico del Profesor Jerzy Plebański.
Consultar programa en
<http://www.fis.cinvestav.mx/~jpleban>

Cinvestav

abril-junio 2006



CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL ALCANCE DE TODOS

Contenido

Editorial	
Luz Manuel Santos Trigo	3
Superconductividad o ¿cómo se pueden atraer dos electrones?	
José Mustre de León	4
Las Matemáticas en Enciclopedia	
Feliú Davino Sagols Troncoso	11
Los niños mexicanos y la ciencia	
Rosalinda Contreras Theurel y Angelina Flores Parra	18
Una mirada al proyecto MILAGRO	
J.C. Arredondo Brun, T. Castro, D. Salcedo y G. Sosa	26
El cerebro y el consumo de drogas	
Silvia Lorenía Cruz Martín del Campo	36
Historia y conflicto institucional Aspectos teórico-metodológicos	
Antonio Gómez Nashiki	46
La tabla periódica nos cuenta su historia	
José Adrián Peña Hueso, Raúl Ramírez Trejo y Adriana Esparza Ruiz	58
Discurso	
Dra. Contreras Theurel	72
Reseña de libro	
Las matemáticas, perejil de todas las salsas de Ricardo Berlanga, Carlos Bosch y Juan José Rivaud	
Martha Rzedowski Calderón	76
Noticias	78

La revista *Cinvestav* antes *Avance y Perspectiva*, órgano oficial del *Cinvestav* (Centro de Investigación y de Estudios Avanzados) es una publicación trimestral dedicada a la difusión y divulgación de la actividad científica y de la vida académica del Centro. Los artículos publicados son responsabilidad de sus autores. Se autoriza la publicación parcial o total del material publicado con el requisito de que se cite la fuente. La edición correspondiente a abril-junio 2006, volumen 25, número 2 se terminó de imprimir en junio de 2006. Tiraje: 5000 ejemplares. Certificado de Reserva de Derecho de Autor 04-2006-051210075200-102, expedido por la Dirección General de Derechos de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Certificado de Licitud de Título 1728 y Certificado de Licitud de Contenidos 1001, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. ISSN 1870-5499. Negativos, impresión y encuadernación: Lito Laser S.A. de C.V., Primera Privada de Aquiles Serdán núm. 28, Col. Santo Domingo Azcapotzalco, CP 02160, Del. Gustavo A. Madero, México DF. Sede del *Cinvestav*: Av. Instituto Politécnico Nacional núm. 2508, Col. San Pedro Zacatenco, CP 07360, Del. Gustavo A. Madero, México DF. Web del *Cinvestav*: www.cinvestav.mx



Cinvestav

CINVESTAV

Rosalinda Contreras Theurel
DIRECTORA GENERAL

José Mustre de León
SECRETARIO ACADÉMICO

Luis Alfonso Torres Gómez
SECRETARIO DE PLANEACIÓN

Victor Gabriel Gutiérrez Lugo
SECRETARIO ADMINISTRATIVO

REVISTA CINVESTAV

Luz Manuel Santos Trigo
DIRECTOR EDITORIAL

Jania Argüelles Castro
JEFA DE DIFUSIÓN

Luisa Bonilla
Josefina Miranda López
María Gabriela Reyna López
APOYO EDITORIAL

María Barbieri
CORRECCIÓN DE ESTILO

Héctor Montes de Oca / El Diablito
Carolina Rodríguez
DISEÑO

SUSCRIPCIONES Y DISTRIBUCIÓN
revista@cinvestav.mx
T/F (55) 50 61 33 71

CONSEJO EDITORIAL

Marcelino Cerejido Mattioli
FISIOLOGÍA

Carlos Coello Coello
SECCIÓN DE COMPUTACIÓN

Antonio Fernández Fuentes
UNIDAD SALTILLO

Eugenio Frixione Garduño
SECCIÓN DE METODOLOGÍA
Y TEORÍA DE LA CIENCIA

Gabriel López Castro
FÍSICA

Luis Enrique Moreno Armella
MATEMÁTICA EDUCATIVA

José Luis Naredo Villagrán
UNIDAD QUERÉTARO

Rodrigo Tarkus Patiño Díaz
UNIDAD MÉRIDA

Ángeles Paz Sandoval
QUÍMICA

Betzabet Quintanilla Vega
SECCIÓN EXTERNA DE TOXICOLOGÍA

Eduardo Remedi Alione
INVESTIGACIONES EDUCATIVAS

Arturo Sánchez Carmona
UNIDAD GUADALAJARA

Editorial

Cada disciplina científica o campo de estudio se desarrolla alrededor de una problemática, utilizando distintos métodos y formas de trabajo. La divulgación de temas relevantes desde la perspectiva de los que generan el conocimiento científico y tecnológico ofrece no sólo información valiosa a un público amplio, sino también bases para continuar y profundizar la reflexión académica acerca de esos saberes.

En esta edición de nuestra revista *Cinvestav* los autores abordan temas relacionados con su quehacer científico y la importancia de poner al alcance de los jóvenes datos relevantes que los informen acerca de los problemas que pueden ser atractivos para la investigación. Además, los artículos ofrecen un marco para que los lectores identifiquen y exploren relaciones entre los componentes de la actividad académica y la formación de los investigadores en distintos campos.

En la lectura de un texto y en el desarrollo del conocimiento siempre resulta importante formular y responder interrogantes. Así, algunas de las atractivas preguntas que se abordan en los trabajos de este número de *Cinvestav* son:

- ¿Qué son los superconductores?, ¿cuáles son sus propiedades?, ¿cómo se explica la superconductividad?, ¿cómo se comporta la resistencia eléctrica de un material superconductor cuando se somete a una temperatura crítica?
- ¿Cómo se construye un programa interactivo que ayude a los estudiantes a aprender conceptos matemáticos fundamentales?, ¿qué áreas del conocimiento son relevantes en el diseño de los programas?, ¿qué competencias matemáticas pueden desarrollar los alumnos al utilizar estos programas?
- ¿Qué es la ciencia y cuál es su relación con la tecnología?, ¿por qué es importante promover el desarrollo de la ciencia y la tecnología?, ¿cuál es el papel de la tecnología en la búsqueda de soluciones a problemas de salud, de producción de alimentos, de transporte, de construcción de viviendas o de contaminación?, ¿cómo fomentar el interés de los jóvenes hacia el estudio de la ingeniería, Matemáticas y ciencias básicas?
- ¿Por qué es importante monitorear la calidad del aire en nuestro ambiente?, ¿cómo influyen las

emisiones urbanas en el cambio en el clima de la Tierra?, ¿qué modelos y procedimientos resultan relevantes en la selección de los lugares de toma de datos y qué tipo de instrumento se utiliza para ello?, ¿quiénes integran y cómo interactúan los grupos de trabajo que participan en el proyecto MILAGRO?

- ¿Cómo se explican las adicciones a las drogas en términos del funcionamiento del cerebro?, ¿cómo se diagnostica la adicción, cuáles son los síntomas?, ¿cómo responde el Sistema Nervioso Central al consumo de drogas?, ¿qué efectos producen en el individuo el consumo de estimulantes como cocaína, morfina, alcohol, peyote, etcétera?
- ¿Por qué es importante estudiar y qué tipos de análisis se pueden realizar para analizar los movimientos estudiantiles?, ¿qué aspectos metodológicos son significativos en el examen de las relaciones sociales con carácter asimétrico, desigual y diferencial?, ¿qué instituciones, fuentes, preguntas y formas de análisis sostienen un estudio de esta naturaleza?, ¿cómo se sustentan los resultados de este tipo de estudios?
- ¿Cómo se explica el origen y desarrollo de la tabla periódica?, ¿qué preguntas y reflexiones interesantes se plantearon en el transcurso de la historia que condujeron al descubrimiento de los elementos de la tabla periódica?, ¿por qué la tabla periódica es una herramienta importante y qué información de los elementos la hace funcional?

Aun cuando la temática es diferente en cada uno de los artículos, todos los textos de este número de nuestra revista reflejan la necesidad de contribuir en la búsqueda de respuestas o soluciones a problemas desde distintos campos de conocimiento.

Así, en esta época de constantes avances en la ciencia y la tecnología la comunicación entre los que desarrollan el conocimiento, los educadores, los estudiantes y la sociedad en general resulta necesaria no sólo para conocer la agenda y quehacer de los investigadores, sino también para que la sociedad valore e incentive la participación de los jóvenes en las actividades académicas.

Manuel Santos
msantos@cinvestav.mx

Superconductividad o ¿cómo se pueden atraer dos electrones?

SE DESCUBRIÓ QUE VARIOS ELEMENTOS QUÍMICOS EN FORMA PURA POSEEN SUPERCONDUCTIVIDAD. ESTA PROPIEDAD, AUNQUE PARECE EXTRAORDINARIA, PUEDE SER MÁS COMÚN DE LO QUE PENSAMOS.

José Mustre de León

Cuando escuchamos la palabra "súper" lo primero que nos viene a la mente es que nos encontramos ante un personaje o un fenómeno extraordinario. Ejemplos de estos seres extraordinarios son "las chicas superpoderosas", las cuales poseen una fuerza descomunal gracias al componente químico "x", o Superman, quien puede desafiar a la gravedad o tiene vista de rayos-x (fig. 1).



Fig. 1. Un súper héroe

Aunque estos son ejemplos de ficción, en este artículo se presentan datos básicos para entender por qué algunos materiales, bajo ciertas condiciones, tienen propiedades extraordinarias, tales como flotar en el aire o permitir la visión de rayos-x.

JOSÉ MUSTRE DE LEÓN Investigador Titular del Departamento de Física Aplicada del Cinvestav-Mérida desde 1992. Actualmente es Secretario Académico de la institución. Su área de investigación es la Física de la Materia Condensada, estudiando sistemas en los cuales la correlación entre el movimiento electrónico y el movimiento de los iones determina

Estos materiales se llaman "superconductores", y fueron descubiertos en 1911. Un ejemplo de estos materiales es el compuesto La_2CuO_4 , en el que algunos átomos de lantano (La) se han sustituido por átomos de estroncio (Sr), cuyo descubrimiento a finales de la década de los años ochenta inició el estudio de la superconductividad de alta temperatura crítica. Dicho fenómeno es aún investigado activamente por la comunidad mundial de físicos y químicos.

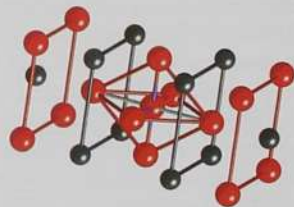


Fig. 2. Estructura atómica del La_2CuO_4 , el átomo en azul es de cobre, en rojo oxígeno y en gris lantano o estroncio.

Hasta la fecha se ha descubierto que varios elementos químicos en forma pura poseen superconductividad, aunque algunos de ellos sólo exhiben esta propiedad en circunstancias extremas, como presiones muy altas o temperaturas muy cercanas al cero absoluto. Esta propiedad, aunque parece extraordinaria, puede ser más común de lo que pensamos.

A continuación se muestra una tabla periódica de los elementos, en los cuales aparecen en verde y en azul los que exhiben superconductividad. En adición a los elementos puros, muchos compuestos, es decir la combinación de elementos químicos puros, también exhiben superconductividad.

propiedades fundamentales de estos materiales. Sus publicaciones más recientes tratan el comportamiento de materiales tales como los superconductores de alta temperatura crítica y semiconductores con altas concentraciones de impurezas.

mustre@cinvestav.mx

Fig. 2b. Elementos superconductores conocidos (azul = presión atmosférica y verde = altas presiones).

• Azul = A presión Atmosférica
• Verde = A altas presiones

1	2																	18	19	20											36	37	38				
1	H																	He																	He		
2	Li	Be															B	C	N	O	F	Ne															Ne
3	Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar															Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr															Kr				
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe															Xe				
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn															Rn				
7	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr															Lr					

• Lantánidos
• Actínidos

Fig. 2b. Elementos superconductores conocidos (azul = presión atmosférica y verde = altas presiones).

Para poder entender el fenómeno de superconductividad primero describiremos cómo están compuestos los materiales a nivel atómico, y posteriormente se explicarán algunos conceptos físicos relacionados con la superconductividad, como "resistencia eléctrica" y "campo magnético".

Es importante notar que hasta 1913 no se contó con un modelo microscópico de los bloques constituyentes de toda la materia que podemos observar en nuestra vida diaria, es decir, los átomos. En ese año el físico danés Niels Bohr postuló que los átomos estaban compuestos de un núcleo cargado positivamente y de electrones que se movían en órbitas alrededor del núcleo en forma similar al movimiento planetario alrededor del Sol (fig. 3).

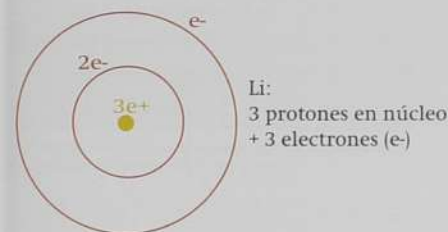


Fig. 3. Ión de Bohr para átomo de Li.

Este modelo está basado en el hecho de que el núcleo, cargado positivamente, atrae a los electrones cargados negativamente. Las cargas del mismo signo se repelen, a esto se lo conoce como "repulsión coulombica", postulación realizada a finales del siglo XVIII por el físico francés Charles Coulomb, mucho antes que se propusiera la existencia de electrones y núcleos atómicos.

Éste es un punto fundamental porque, como veremos después, en materiales superconductores se puede lograr que dos electrones se atraigan, en contra de todas las expectativas que se tenían hasta la década de 1950.

Los electrones se pueden separar en forma relativamente fácil del área de atracción de los núcleos formando iones (que son núcleos con algunos electrones) y electrones libres. Ésta es una de las formas más comunes de cómo se presentan los átomos en sólidos y líquidos, sobre todo si éstos son metales (fig. 4).

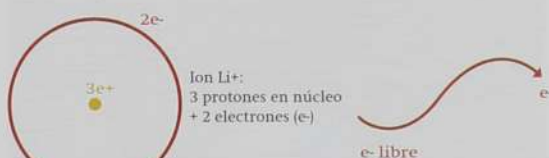


Fig. 4. Ión de litio y electrón libre.

El físico holandés Kamerlingh Onnes, experimentando con temperaturas cada vez más bajas, encontró que el metal mercurio (Hg), a temperaturas cercanas a 4 K, en forma súbita tenía una resistencia cero. Este fenómeno marcó el descubrimiento de la superconductividad.

El modelo típico microscópico de un material sólido aceptado hasta la década de 1950 es que un material sólido es como una red periódica formada por iones positivos en los cuales se mueven libremente algunos electrones. Con técnicas experimentales, como la difracción de rayos-x, descubierta a principios del siglo XX, se había comprobado que ésta era una descripción adecuada de muchos materiales en estado sólido.

Es importante notar que hoy en día contamos con varias técnicas experimentales que nos permiten visualizar átomos en forma individual en un material dado, como la microscopía electrónica de barrido o la absorción de rayos-x. Esto ha permitido comprobar que en materiales cristalinos los átomos (o iones) forman arreglos regulares que se repiten miles de millones de veces, y que el modelo propuesto corresponde a la realidad (fig. 6).

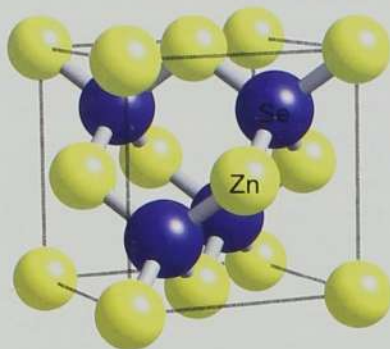


Fig. 5. Modelo cristalino del semiconductor de selenuro de zinc (ZnSe). Los átomos de zinc (Zn) se representan por pequeñas esferas amarillas y los de selenio (Se) por azules.

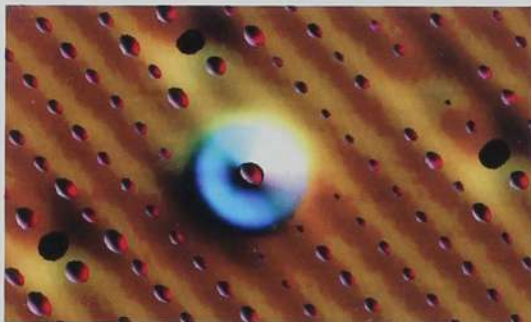


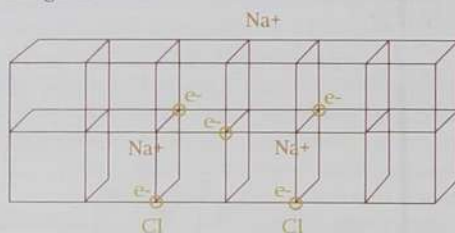
Fig. 6. Imagen de microscopía electrónica de barrido de una superficie de átomos de cobre (rojo), donde se localiza un solo átomo de xenón (azul).

Con base en la dificultad o facilidad con que los materiales sólidos conducen una corriente eléctrica se clasifican en: aislantes, semiconductores y metales.

Los materiales aislantes presentan gran resistencia al paso de una corriente eléctrica. Esto se puede entender usando el modelo microscópico que presentamos, debido a que los electrones en estos materiales están fuertemente ligados a los iones y en consecuencia no se mueven por el material, generando una corriente eléctrica. Un ejemplo de un material aislante es la sal común (NaCl).

En un material semiconductor los electrones no están tan fuertemente ligados a los iones, y muchas veces al subir la temperatura de estos materiales algunos de sus electrones se liberan de la atracción iónica y se mueven libremente, dando la posibilidad de conducir la corriente eléctrica.

Estos materiales son la base de toda la industria electrónica moderna, ya que son el componente fundamental de los transistores y circuitos integrados que se usan en nuestros teléfonos, televisores, computadoras, láseres, etc. Un ejemplo de estos materiales es el selenuro de zinc (ZnSe) que se muestra en la figura 5.



e.g. NaCl, sal común

Fig. 7. Modelo microscópico de un material aislante como la sal común. En este caso los electrones están fuertemente ligados a los átomos de Cl formando iones de Cl⁻, por lo tanto, la corriente eléctrica no fluye fácilmente.

El descubrimiento de Müller y Bednorz permitió el uso de materiales superconductores en mayor número de aplicaciones, ya que la producción de nitrógeno líquido y la refrigeración a estas temperaturas es mucho más barata que para los otros superconductores.

En un metal los electrones se mueven libremente en la red iónica, con una resistencia baja, por esta razón estos materiales son buenos conductores de electricidad. Sin embargo, aun en estas circunstancias, el flujo de una corriente eléctrica encuentra cierta resistencia que se manifiesta en el calentamiento del material.

A nivel microscópico esto se explica debido a que los electrones, aunque libres de la atracción directa de los iones, pueden chocar contra los iones cuando éstos se desplazan de su posición ideal en la red. Este movimiento iónico, que da lugar a la resistencia eléctrica, se acentúa cuando la temperatura sube, ya que los iones se mueven más rápido. En estas circunstancias los choques entre iones y electrones se vuelven más frecuentes y la resistencia aumenta.

En forma heurística, la temperatura de un material puede ser entendida como la energía de movimiento (energía cinética) que tienen los iones de este material. Al subir la temperatura los iones se mueven con mayor velocidad hasta romper el orden cristalino que tienen en el estado sólido, y al moverse con mayor libertad forman un líquido. Al aumentar aún más la temperatura, y por consiguiente la energía y la libertad de movimiento de los iones, éstos pueden separarse hasta formar un gas.

Con esto es claro que las propiedades de los materiales dependen de la temperatura en la que se encuentran, en este caso es el estado físico del material o, como ya se expuso, la resistencia eléctrica.

La temperatura no puede bajar de un mínimo absoluto, que se conoce como "cero absoluto" de la temperatura. Este cero corresponde a -273 grados centígrados. A esta temperatura los iones tienen una energía de movimiento mínima, que se conoce como "energía de punto cero".

Como referencia, en la tabla I se presentan temperaturas en las que ocurren algunos fenómenos típicos. Como veremos, a temperaturas cercanas al cero absoluto varios materiales presentan propiedades poco comunes.

Agua hirviendo	100 °C	373 °K
Agua congelándose	0 °C	273 °K
Hielo seco CO	-78 °C	195 °K
Nitrógeno líquido	-196 °C	77 °K
Helio líquido	-269 °C	4 °K

Fig. 7. Temperaturas típicas de varios materiales. La temperatura de cero Kelvin (K) corresponde al cero absoluto.

A diferencia de los metales, que presentan menor resistencia eléctrica al bajar la temperatura, en materiales semiconductores al bajar la temperatura la resistencia aumenta. Este comportamiento se ilustra en la figura 8. Como se observa ahí, al bajar la temperatura en un metal la resistencia baja hasta alcanzar un mínimo a 0 K.

En 1911 el físico holandés Kamerlingh Onnes (fig. 10), experimentando con temperaturas cada vez más bajas, encontró que el metal mercurio (Hg), a temperaturas cercanas a 4 K, en forma súbita tenía una resistencia cero. Este fenómeno marcó el descubrimiento de la superconductividad.

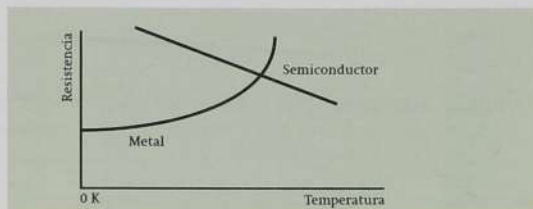


Fig. 8. Comportamiento de la resistencia con la temperatura en metales y semiconductores.

En los materiales superconductores la desaparición de la resistencia eléctrica en forma súbita ocurre a una temperatura dada llamada "temperatura crítica" (fig. 9).

La explicación microscópica de este fenómeno fue uno de los problemas abiertos en la Física por un largo periodo del siglo XX, y no fue sino hasta 1957 cuando se entendió el fenómeno. Más adelante discutiremos las ideas básicas de esta explicación.

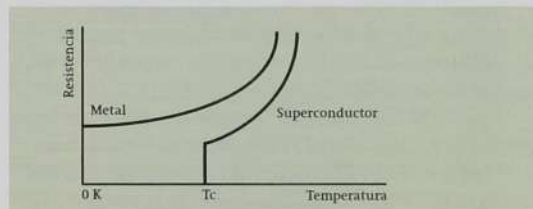


Fig. 9. Caída de la resistencia eléctrica a cero en un metal superconductor.



Fig. 10. Kamerlingh Onnes, descubrió la superconductividad.

Para entender otra propiedad inusual de un material superconductor tenemos que explicar el concepto de "campo magnético".

Cuando los electrones se mueven generan una corriente eléctrica. Desde principios del siglo XIX se conocía que cuando dos corrientes eléctricas circulaban en zonas cercanas los conductores que conducían a estas corrientes experimentaban una fuerza de atracción o repulsión. También se conocía que un imán en presencia de una corriente eléctrica exhibía una atracción o repulsión al conductor. Esto dio lugar a identificar que la atracción o repulsión magnéticas eran producto del movimiento de cargas eléctricas.

Actualmente se sabe que algunos de los materiales que exhiben magnetismo, tienen electrones internos moviéndose en circuitos determinados que generan un campo magnético similar al que genera el paso de corriente por un alambre.

En un alambre recto se generan líneas de campo magnético B , en forma circular, como se muestra en la figura 10. Estas líneas de campo se pueden observar fácilmente si se ponen limaduras muy finas de hierro en un líquido viscoso, como aceite, y se coloca un alambre que conduce una corriente eléctrica. En este caso las limaduras de hierro se alinean siguiendo las líneas de campo magnético.

En 1933 el físico alemán Walter Meissner descubrió que en un material superconductor no penetran las líneas de campo magnético. Por lo tanto, si un material superconductor se situaba cerca de un imán, o un electroimán, éste lo repelía. Este fenómeno llamado "efecto Meissner" es la base de la levitación de un material superconductor. Es decir, un material superconductor puede flotar en el aire cuando su peso es sostenido por la fuerza de la repulsión magnética.

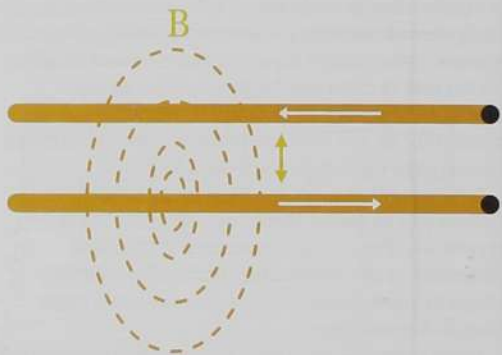


Fig. 10. Conductores en forma de alambre (líneas naranjas) que generan un campo magnético B con líneas circulares. Note que existe una fuerza repulsiva entre los conductores (flecha amarilla) que conducen corrientes en sentidos opuestos.

De este modo, podemos concluir que los materiales superconductores exhiben una de las propiedades que tiene Superman! (fig. 11).



Fig. 11. Efecto Meissner, en el cual el campo magnético no penetra un material superconductor (en azul). Foto de una pastilla superconductora levitando (flotando) sobre un imán.



Fig. 12. Tren ultrarrápido basado en la levitación.

Un material superconductor puede flotar en el aire cuando su peso es sostenido por la fuerza de la repulsión magnética.

Las dos características de los materiales superconductores que hemos discutido, cero resistencia eléctrica y efecto Meissner, ya han conducido desde los años de la década de 1990 a su aplicación en medicina, en el transporte, y ahorro de energía. Las aplicaciones principales han sido la resonancia magnética nuclear, los trenes ultrarrápidos, la imagenología magnética y el diseño de computadoras ultrarrápidas.

Una limitación en la aplicación de estos materiales es que este fenómeno sólo se da a temperaturas muy bajas, y por lo tanto su uso tiene que darse en condiciones de refrigeración y aislamiento térmico extremas y requiere del uso de helio líquido para enfriar, lo cual hace que su empleo sea muy caro. Por esta razón, desde el descubrimiento de este fenómeno ha sido una meta de los científicos que trabajan en él encontrar materiales que sean superconductores a temperatura ambiente.

En 1986 el físico suizo Alex Müller y el físico alemán Georg Bednorz descubrieron una serie de superconductores que presentan superconductividad a temperaturas incluso superiores a la del nitrógeno líquido (-196°C). Este descubrimiento permitió el uso de materiales semiconductores en mayor número de aplicaciones, ya que la producción de nitrógeno líquido y la refrigeración a estas temperaturas es mucho más barata que para los otros superconductores, que requieren temperaturas cercanas al helio líquido para exhibir superconductividad. Este descubrimiento también revivió el interés por encontrar materiales que puedan ser superconductores a temperatura ambiente.

Estos materiales son conocidos como "superconductores de alta temperatura crítica", y actualmente constituyen un tema importante de investigación en la comunidad internacional.

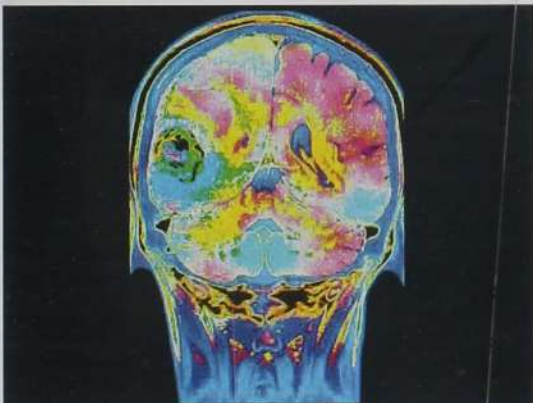


Fig. 12. Aplicaciones de superconductores. Imagen del cerebro humano obtenida por resonancia magnética nuclear.



Fig. 13. Bednorz y Müller descubridores de los superconductores de alta temperatura crítica en 1986. Hasta ahora el superconductor de temperatura crítica más alta es un óxido de cobre y mercurio, con una temperatura de transición de 138°K .

Como se mencionó anteriormente, el entendimiento microscópico del fenómeno de la superconductividad, al menos en los materiales que presentan superconductividad a temperaturas muy bajas, no se dio sino hasta 1957. En ese año los físicos americanos John Bardeen, Leon Cooper y James Schrieffer (fig. 14) postularon una teoría según la cual a bajas temperaturas los electrones forman pares ligados que viajan coordinadamente y no sufren choques con los iones del material. Estos pares son conocidos como "pares de Cooper", en honor a L. Cooper.

Esta propuesta revolucionó todo el campo de la Física del Estado Sólido, ya que resulta contraintuitivo el hecho de que dos electrones con la misma carga se puedan atraer en lugar de repelerse. Estos científicos encontraron que al pasar un electrón cerca de los iones de carga positiva éstos son atraídos hacia este electrón; sin embargo, si un segundo electrón se encuentra en esta vecindad los iones a su vez atraen a este segundo electrón, apareciendo como si hubiera una interacción efectiva atractiva entre los dos electrones. La teoría propuesta se conoce como BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer) y explica con gran precisión los fenómenos asociados con la superconductividad en los materiales de temperatura de transición cercana al helio líquido.

Este fenómeno es análogo a lo que ocurre si se tienen dos bolas de boliche en una sábana: una de éstas deforma la sábana creando un pozo, y al pasar la otra bola en la vecindad de este pozo cae en éste formando un par con la primera bola.

Estos científicos recibieron el Premio Nobel en 1972 por dicha formulación teórica. Hay que resaltar que John Bardeen es la única persona que ha recibido dos veces el Premio Nobel en un mismo campo, ya que en la primera ocasión fue galardonado por el descubrimiento del transistor.



Fig. 14. John Bardeen, Leon Cooper y James Schrieffer, generadores de la Teoría BCS de la superconductividad.

Para concluir, es importante notar que hasta la fecha no se ha podido explicar el fenómeno de superconductividad de alta temperatura crítica, descubierto en 1986. Aunque se sabe que la Teoría BCS no describe el comportamiento de estos materiales, existen sin embargo varios resultados experimentales que indican que la interacción entre los iones y los electrones en estos nuevos materiales es mucho más intensa que en los materiales descritos por la Teoría BCS. Esto da lugar al movimiento conjunto de iones y electrones en entidades que han sido nombradas "polarones".

Por otro lado, existe evidencia de que estos polarones se pueden organizar en estructuras ordenadas a nivel de unos cuantos átomos modificando las propiedades de los materiales en forma radical, y probablemente originando una transición superconductora a temperaturas mucho más altas que las predichas en la Teoría BCS.

En el Cinvestav, actualmente realizamos investigación en esta área, por un lado determinando propiedades específicas de los polarones que se manifiestan en distorsiones de los enlaces atómicos; así como también desarrollamos investigación en la formación de estructuras nanoscópicas ordenadas llamadas "superstripes" (fig. 15).

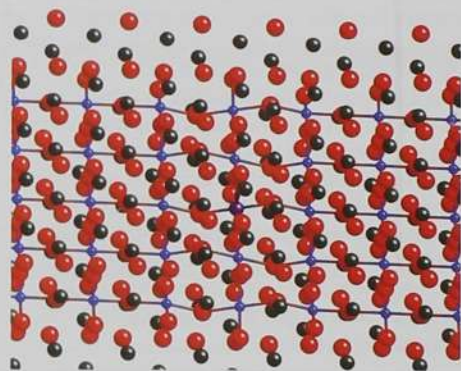


Fig. 15. "Superstripe" de polarones compuesta por una fila de tres átomos distorsionados, en una matriz de material formado por átomos sin distorsiones.

Esperamos que en un futuro cercano alguien descubra el mecanismo de la superconductividad de alta temperatura crítica y haga compañía a los científicos mencionados aquí. ●

[Referencias]

- K. Alex Müller, "Perovskite-Type Oxides-The New Approach to High-Tc Superconductivity", Nobel Lectures, Physics, pp. 1081-1990, World Scientific Publishing Co., Singapur, 1993.
- "¿Hacia dónde va la superconductividad? La danza de las ideas", Rafael Baquero, en *Avance y Perspectiva*, vol. 24, núm. 2, 2005, p. 45.
- A teacher's guide to Superconductivity for High School, Robert W. Dull, H. Richard Kerchner, en: www.ornl.gov/info/reports/mj/ornlm3063r1/contents.html

Las Matemáticas en Enciclomedia

ENCICLOMEDIA ES UN PROYECTO CONTROVERTIDO, FOCO DE DEBATES EN LA POLÍTICA NACIONAL MEXICANA DESDE QUE EMPEZÓ A IMPLEMENTARSE EN EL CICLO ESCOLAR 2003-2004 Y HASTA LA FECHA. SIN EMBARGO, A PESAR DE SU AMPLIA DIFUSIÓN EN INTERNET (VER [docbase], [pag1Enc] Y [pag2Enc]) POCO SE CONOCE EN LOS MEDIOS ACADÉMICOS.

Feliú Davino Sagols Troncoso

Pretender una revisión general completa sería difícil debido a la enorme cantidad de recursos con que cuenta, además de que nosotros sólo conocemos la parte en la que hemos participado directamente, y que también resulta demasiado extensa para ser presentada en un solo artículo. De modo que, además de éste, podrán aparecer nuevos artículos sobre el resto del trabajo que hemos desarrollado para Enciclomedia.

Presentamos cuatro proyectos de software desarrollados para el área de Matemáticas de Enciclomedia por el Departamento de Matemáticas del Cinvestav. Todos estos productos serán liberados en la versión 2.0 de Enciclomedia.

Desde un punto de vista estructural, el equipo de producción de Enciclomedia se encuentra dividido en varias coordinaciones que comparten los servicios e infraestructura del ILCE (Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa). La coordinación de Matemáticas está formada principalmente por especialistas en Matemáticas Educativas, la mayoría de ellos egresados del Cinvestav.

Es importante destacar que en este artículo se describen los proyectos desde la perspectiva de uso de los sistemas, dando algunos apuntes sobre el trasfondo matemático y los detalles técnicos de implementación, los aspectos pedagógicos, didácticos y de diseño gráfico han corrido a cargo del ILCE.

Los trabajos que se presentan a continuación son programas interactivos cuyo objetivo principal es apoyar a los maestros en la exposición de sus clases. Para su presentación los hemos dividido en dos grupos: programas basados en cuadrículas y programa cubícula.

Programas interactivos basados en cuadrículas

Las cuadrículas son muy importantes en la enseñanza de la Matemática, no en balde en las listas de útiles escolares nunca falta un cuaderno cuadrículado. Con las cuadrículas los procesos de calcular áreas y perímetros de figuras planas se reducen a conteos simples, y si analizamos los fundamentos del concepto

FELIÚ DAVINO SAGOLS TRONCOSO. Mexicano, egresó de la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN en el año 1985. Hizo su maestría y su doctorado en la Sección de Computación del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav, que finalizó en 1987 y en 1997, respectivamente. Realizó una estancia posdoctoral en el Departamento de Ciencias de la Computación de

la Universidad de Vermont, de 1998 a 2000. Actualmente es profesor titular en el Departamento de Matemáticas del Cinvestav. Se especializa en Combinatoria, Ciencias de la Computación y Desarrollo de Sistemas de Software accesibles vía Internet.

fsagols@math.cinvestav.mx



a) Interactivo perímetro área.



b) Interactivo simetría.



c) Interactivo escala.

FIG. 1. PANTALLAS DE BIENVENIDA PARA LOS TRES PROGRAMAS BASADOS EN CUADRÍCULAS.

de "integral" veremos que bien pueden formalizarse por medio de cuadrículas n -dimensionales cuyos elementos fundamentales se hacen infinitesimalmente pequeños.

Las cuadrículas también sirven para explicar el concepto de "simetría", ya que determinar el elemento de una cuadrícula que es simétrico de otro con respecto a un eje se puede hacer contando cuadros en una línea perpendicular al eje de simetría.

Otro concepto fundamental que se puede explicar con cuadrículas es el de "escala", por ejemplo, para duplicar en una cuadrícula el tamaño de una figura lo único que se tiene que hacer es volver a dibujarla considerando cuadrados el doble de grandes que los de la figura original.

Para cada uno de los temas que hemos mencionado, perímetro, área, simetría y escala, se han desarrollado programas interactivos que explicaremos ahora. Se supone que las interfaces de estos programas son suficientemente intuitivas al grado de que una explicación breve debe ser suficiente para utilizarlos; un complemento importante son los instructivos que acompañan cada una de las actividades de los programas.

En la figura 1 aparecen las portadas de cada uno de estos programas interactivos. En todos los casos, para ingresar a las aplicaciones se utiliza el botón "inicio".

La construcción de estos programas ha exigido conocimientos en la frontera entre la matemática y la computación, como son la topología digital, la teoría de grafos, la combinatoria y los aspectos algorítmicos relacionados con esas áreas, etc., por ello ha sido apropiado utilizar un equipo de programación formado por egresados de la opción en Matemáticas Computacionales del Departamento de Matemáticas y por egresados de la Sección de Computación del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav.

Programa perímetro-área

El objetivo de este programa es que los niños entiendan los conceptos de área y perímetro mediante cinco actividades: calcula el área, área dada, calcula el perímetro, perímetro dado y factores. Adicionalmente el programa cuenta con un editor de figuras propias para cada una de las actividades. En la figura 2 se muestran las interfaces correspondientes.

En la actividad "calcula el área" el profesor debe seleccionar un color en la paleta de colores y los estudiantes tienen que calcular el área de la figura que tiene ese color. Con el teclado que aparece al lado izquierdo se escribe la respuesta y se recibe una retroalimentación, dependiendo de si el área calculada es menor o mayor que el área real. Si se escribe la respuesta correcta entonces aparece una "paloma" y suena una fanfarria. Las flechas que aparecen a la derecha de la paleta de colores sirven para cambiar la figura con la que se trabaja, estas flechas aparecen en las cinco actividades del programa y tienen la misma función que en esta actividad.



FIG. 2. ACTIVIDADES DEL PROGRAMA "PERÍMETRO-ÁREA".

En la actividad "área dada" se le presenta al niño una figura modelo (debajo del botón "listo") y el niño tiene que dibujar en la cuadrícula mayor otra figura que tenga exactamente la misma área que el modelo. El objetivo aquí es que el niño entienda que muchas figuras distintas entre sí pueden tener exactamente la misma área. Adicionalmente se cuenta con un teclado virtual para que el niño escriba el área del modelo. En todos los programas siempre aparecen teclados virtuales para que los programas se puedan utilizar directamente con pizarrones electrónicos sin necesidad de usar el teclado ni el ratón de la computadora.

En la actividad "calcula el perímetro" se le muestra una figura al niño para que determine su perímetro, igual que en las actividades anteriores se escribe la respuesta utilizando el teclado que aparece en la interfaz. Si se escribe un número incorrecto entonces el sistema muestra una cuerda de la medida dada por el niño que rodea a la figura. Si es muy grande muestra el resto de la cuerda enrollada.

La actividad "perímetro dado" muestra una figura que el niño debe usar para determinar su perímetro y construir en la cuadrícula mayor una figura que tenga exactamente el mismo perímetro. Esta actividad es

similar a la descrita en el inciso a. Es significativa la cantidad de cuestionamientos matemáticos de fondo que se plantean los niños con esta actividad y la forma en cómo los resuelven. Uno que me parece interesante es: "¿En una cuadrícula, qué forma debe tener la figura de mayor área que se puede formar con un perímetro dado?". Muchos niños han podido encontrar la respuesta jugando con esta actividad¹.

La actividad "factores" sirve para ayudar a los niños a establecer un puente entre la geometría y el álgebra. En la interfaz se le presenta al niño la imagen de un rectángulo y se le pide que dibuje otro rectángulo distinto pero con la misma área. Para encontrar todas las posibles soluciones lo que se hace es descomponer el área del rectángulo modelo en sus factores primos y a partir de estos factores fácilmente se pueden determinar las medidas de los nuevos rectángulos. Pero esto no se les dice a los niños, ellos lo descubren, y con esto logran realmente entender la esencia del teorema fundamental de la aritmética.

Por último, en "editor" lo que tenemos es un medio para extender y modificar la biblioteca de imágenes del interactivo. Cada actividad tiene figuras con características propias, así que se puede hacer la edición

La construcción de estos programas ha exigido conocimientos en la frontera entre la matemática y la computación, como son la topología digital, la teoría de grafos, la combinatoria y los aspectos algorítmicos relacionados con esas áreas.



FIG. 3. ACTIVIDADES DEL PROGRAMA "SIMETRÍA".

para cada una de estas actividades. La idea es que el profesor pueda extender la biblioteca con imágenes que le sean significativas. Algo que me parece importante es que los niños se divierten mucho haciendo sus propias creaciones con el editor.

Programa simetría

El objetivo de este programa es que los niños entiendan el concepto de simetría y de eje de simetría con figuras sobre cuadrículas. Se tienen cinco actividades: figura en espejo I, figura en espejo II, traza la otra mitad, ¿es un eje de simetría?, traza los ejes y editor. Las interfaces para cada una de estas actividades junto con el editor aparecen en los incisos a) a f) de la figura 3.

La actividad "figura en espejo I" sirve para reforzar la definición de simetría. El eje de simetría se marca en

color azul sobre la cuadrícula y puede elegirse con los cuatro botones que aparecen a la izquierda de la cuadrícula. En la actividad el niño puede hacer "clic" sobre cualquier cuadro en la cuadrícula y el sistema le pide que seleccione su simétrico con respecto al eje seleccionado.

La actividad "figura en espejo II" es similar a la anterior, pero en este caso cada cuadro aparece dividido en cuatro triángulos. Cuando el usuario falla en esta actividad (o en la anterior) el sistema muestra una animación para reforzar la definición de simetría. Esta actividad no es tan simple como parece, 80 % de personas adultas que la han hecho han fallado el primer intento cuando se utiliza un eje de simetría diagonal.

En la actividad "traza la otra mitad" se le da al niño la mitad de una figura con respecto a un eje de simetría para que dibuje la otra mitad. Las flechas que aparecen en el ángulo inferior derecho sirven para cambiar de figura, esto funciona en todas las actividades restantes. El botón "mostrar simétrico" corre una animación donde la mitad de la figura da vuelta como si se tratara de la página de un libro, este tipo de animación se usa también en las actividades d, e y f, para que el niño vea dónde se equivocó.

En la actividad "¿es un eje de simetría?" se le presenta al niño una imagen junto con un eje en color azul. El propósito es que el niño decida si el eje es de simetría o no para la figura.

En la actividad "traza los ejes" se le da una figura al niño y él debe decidir qué ejes de simetría tiene. Lo primero que debe hacer es fijar con el ratón el centro del



haz de posibles ejes que aparecen en color azul tenue, y luego decidir qué ejes son de simetría para la figura.

Finalmente, el "editor" sirve para agregar, modificar y eliminar figuras de la biblioteca de imágenes. La biblioteca de este programa (y las de los otros programas) se almacenan en la computadora del usuario, así que todas las modificaciones que haga le afectarán únicamente a él.

Programa escala

El objetivo de este programa es que los niños entiendan el concepto de escala utilizando figuras sobre cuadrículas. Se tienen cuatro actividades y un editor: traza una figura escala 2:1, traza una figura escala 1:2, ¿cuál está a escala?, ¿cuál es la escala? y editor. Las interfaces para cada una de estas actividades junto con el editor aparecen en los incisos a) a e) de la figura 4.

En la actividad "traza una figura 2:1" se le da al niño una figura modelo que él debe copiar al doble de su tamaño, cuando se presiona el botón "verificar" aparece una animación, donde la "sombra" de la figura modelo viaja haciéndose paulatinamente más grande hacia la figura del niño para mostrar dónde hay posibles errores, si no los hay entonces suena una fanfarria y aparece una paloma. Este efecto de animación se presenta en todas las actividades del interactivo. La respuesta se toma como correcta aun cuando la imagen dada por el niño esté rotada.

La actividad "traza una figura escala 1:2" tiene como objetivo que el niño trace una figura que tenga la mitad del tamaño de la imagen modelo.

En la actividad "¿cuál está a escala?" se le presentan al niño tres modelos de una misma figura a diferentes



escalas y en color gris oscuro una figura modelo. Se le plantea una acción como "elige una figura escala 2:1 respecto al ejemplo en color gris", el niño debe hacer lo que se le pide marcando la figura con el ratón y presionando el botón "verifica".

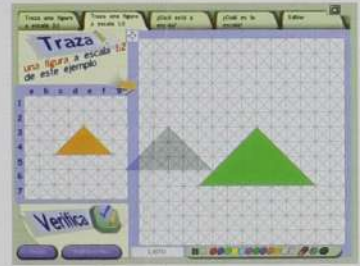
En la actividad "¿cuál es la escala?" se le presenta al niño una figura en color gris y la misma en otro color, lo que el niño debe decidir es cuál es la escala de la figura en otro color con respecto al modelo en color gris. Se debe hacer "clic" sobre el texto con la escala que se considere correcta.

Interactivo cubícula

En este interactivo se pretende generalizar la cuadrícula de manera que se ofrezca un ambiente apropiado para el estudio de los conceptos de área de la superficie y



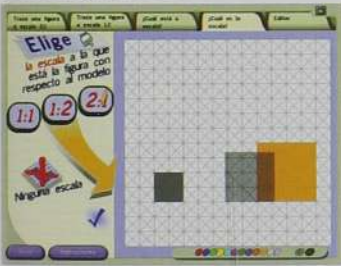
a) Traza una figura escala 2:1.



b) Traza una figura escala 1:2.



c) ¿Cuál está a escala?



d) ¿Cuál es la escala?



e) Editor.

FIG. 4. ACTIVIDADES DEL INTERACTIVO "ESCALA".

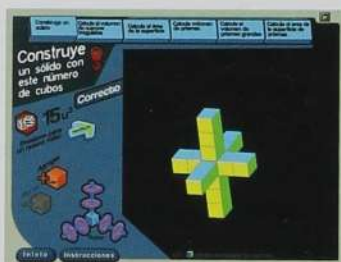
volumen. De manera informal se introducen ejes coordenados 3-dimensionales y transformaciones de rotación alrededor de los ejes. Este programa ayuda a los niños a tener una apreciación simple del entorno 3-dimensional. Se tienen seis actividades y las interfaces son las que se muestran en la figura 5.

El objetivo de la actividad "construye un sólido" es que los niños construyan sólidos cuyo volumen sea una cantidad dada de manera aleatoria (13 unidades cúbicas en el ejemplo de la figura 5). Al principio el sistema muestra solamente un cubito (o voxel, como se denomina en la topología digital) en la parte central del área negra, si se hace "clic" con el cursor del ratón en cualquiera de las caras visibles del voxel entonces se agrega un nuevo voxel adherido a esa cara. Cada vez que se hace "clic" sobre una cara visible del sólido el efecto es agregar un nuevo voxel y así el sólido crece paulatinamente. Para agregar un voxel adyacente a una cara no visible lo que se hace es rotar el sólido utilizando alguno de los botones en el sistema de ejes cartesianos que aparecen arriba del botón "instrucciones" de la interfaz. Cada uno de estos botones genera una rotación en el sentido que indica la flecha que tiene dibujada. Rotando apropiadamente el sólido cualquier cara en la superficie puede hacerse visible y entonces se le puede hacer "clic" para agregar un voxel nuevo. Para borrar voxels se hace "clic" sobre el botón con la etiqueta borrar y se hace "clic" sobre los voxels que se quieran borrar. Cuando el niño considera haber construido un sólido con el volumen requerido presiona el botón "verifica" para que el sistema evalúe si lo hizo correctamente.

En la actividad "calcula el volumen de cuerpos irregulares" lo que el sistema hace es presentarle al niño un sólido para que él determine su volumen. Para que el niño pueda apreciar las partes no visibles puede rotar el sólido. Las flechas que aparecen en el ángulo inferior derecho de la pantalla sirven para elegir algún otro sólido de la biblioteca contenida en el sistema, estas flechas aparecen en todas las actividades restantes. Con el teclado se puede escribir el volumen que el niño haya determinado.

En la actividad "calcula el área de la superficie" las caras que están sobre la superficie del sólido pueden ser "arrancadas", de modo que si el niño "pela" todo el sólido y cuenta el número de caras arrancadas entonces está calculando el área de la superficie del sólido. Para arrancar una cara se hace "clic" sobre ella y sin dejar de presionar el botón izquierdo del ratón se arrastra sobre la pantalla, cuando se suelta, la cara arrancada se acomoda junto a otras caras arrancadas en un área ubicada debajo del sólido. Una vez determinada el área de la superficie el niño escribe su respuesta con el teclado, el botón "verificar" del teclado virtual sirve para revisar si la respuesta es correcta. Para restituir las caras al sólido se presiona el botón que se encuentra ubicado debajo del teclado.

La actividad "calcula el volumen de prismas" le muestra al niño un prisma y él debe escribir en el teclado su volumen. En este caso el niño puede "rebanar" el sólido en cualquiera de las direcciones de los ejes utilizando los botones que aparecen debajo del teclado y a un lado de los ejes. La idea es que vea la diferencia que hay entre contar voxels y aplicar



a) Construye un sólido.



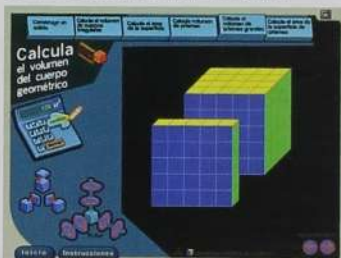
b) Calcula el volumen de cuerpos irregulares.



c) Calcula el área de la superficie.



d) Calcula el volumen de prismas.



e) Calcula el volumen de prismas grandes.



f) Calcula el área de la superficie de prismas.

FIG. 5. INTERACTIVO CUBÍCULA.

La idea es que el profesor pueda extender la biblioteca con imágenes que le sean significativas. Algo que me parece importante es que los niños se diviertan mucho haciendo sus propias creaciones con el editor.



FIG. 6. CRÉDITOS PARA EL PROGRAMA "CUBÍCULA".

las fórmulas correspondientes para que comprenda el ahorro de tiempo que significa utilizar una fórmula. En este proceso también puede utilizar los botones de rotación.

La actividad "calcula el volumen de prismas grandes" tiene exactamente el mismo comportamiento de la actividad anterior, sólo que ahora los prismas son muy grandes, el objetivo es que los niños entiendan lo ineficiente que resulta hacer un conteo directo de los cubos.

Finalmente, en la actividad "calcula el área de la superficie de prismas" el niño puede utilizar los botones

que aparecen debajo del teclado para "desdoblar" la frontera del sólido de modo que su interior se vuelva visible. El objetivo de esta actividad es ayudar al niño a comprender cómo el concepto bidimensional de superficie se traslada a objetos 3-dimensionales.

Créditos

En la figura 6 se muestran los créditos para el programa interactivo "cubicula" tal como aparecen en Enciclomedia. Los créditos para los demás interactivos descritos en este artículo son los mismos. ●

[Referencias]

- ¹ La respuesta "rectangular".
[docbase] <http://www.sep.gob.mx/work/apps/site/Enciclomedia/documentonciclomedia.pdf>
[pag2Enc] http://www.sep.gob.mx/wb2/sep/sep_Programa_Enciclomedia

Los niños mexicanos y la ciencia

LOS JÓVENES PUEDEN PREGUNTARSE ACERCA DE SU PAPEL EN LA CREACIÓN DEL CONOCIMIENTO. POR EJEMPLO, ACERCA DE SI HAY TODAVÍA COSAS POR DESCUBRIR Y PROBLEMAS QUE RESOLVER. EN NUESTRA OPINIÓN, LOS DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS ESTÁN CASI TODOS POR SER DESCUBIERTOS,

Rosalinda Contreras Theurel y Angelina Flores Parra

A menudo los diarios, la televisión o la radio comentan acerca de la importancia de que México cuente con científicos para sostener el desarrollo del país y de los empleos. Tal vez estos comentarios no nos parezcan claros y por esa razón es necesario conocer más de esta discusión. Para empezar podemos preguntarnos ¿Qué es la ciencia y qué hacen los científicos?

La ciencia es una actividad de los seres humanos que empezó en el momento en que su inteligencia los llevó a hacerse preguntas acerca de ellos mismos y de su entorno. Podemos por lo tanto contestar muy simplemente: La ciencia es la respuesta a las preguntas, es la búsqueda del conocimiento. Se dice que en el siglo XXI, la mercancía más cara y más apreciada que se puede comerciar es el conocimiento.

Pero, ¿Por qué el conocimiento es tan valioso? ¿Qué significa para nuestra vida? ¿Para nuestro país y para las sociedades del mundo? El conocimiento da una gran ventaja al que lo posee, por ejemplo si conocemos las leyes de la física podremos construir máquinas que disminuyan el esfuerzo de los humanos para cultivar la tierra, transportarse, utilizar la energía para calentar las casas, etc...

Tal vez una respuesta simple es que el conocimiento es poder, así al inicio de la humanidad aquellos grupos que entendieron como utilizar los huesos de animales para fabricar armas y usarlas para cazar animales o para defenderse de otros grupos de congéneres tuvieron una ventaja que los hizo preservarse y progresar. El conocimiento que tenían los españoles de la pólvora y el hierro permitió la conquista de México, también influyó en la derrota que los mexicanos desconocían quienes eran los españoles y de donde venían. Hoy en día, los mexicanos dependemos de muchos insumos y productos que adquirimos del extranjero porque no tenemos la capacidad científica y técnica para fabricarlos y tenemos que comprarlos a precios elevados. El conocimiento es riqueza, tal vez uno de los ejemplos más claros es cuando pagamos la cuenta de nuestro médico o nuestro dentista, pues estamos pagando el conocimiento o la sabiduría que acumularon y es la que consultamos cuando acudimos a ellos en busca de indicaciones para curarnos.

Otra pregunta importante que los jóvenes se hacen a menudo es ¿Para qué sirve la ciencia?

ROSALINDA CONTRERAS THEUREL Coordinadora Académica y jefa del Departamento de Química, Secretaría Académica y Directora General del Cinvestav. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores, nivel III. Ha publicado 122 artículos en revistas (europeas y americanas); ha presentado más de 100 trabajos en congresos internacionales, y más de 140 en nacionales; ha impartido conferencias en Estados Unidos y Europa, y participado en numerosas mesas redondas sobre política científica y filosofía de la ciencia. Ha formado a muchos científicos, y más de 30 son ahora destacados investigadores independientes que ya han doctorado a otros estudiantes. Dirigió 69 tesis (licenciatura, maestría y doctorado), y 12 de éstas recibieron premios. Ha impartido más de 200 cursos y cientos de conferencias en México. Es árbitro internacional de varias revistas y organismos de evaluación académica, visitante de las universidades de Toulouse, Purdue y Munich. Fue invitada a la Reunión de los premios Nobel, en Lindau, Alemania, en 1989. Ha sido becaria de la Fundación Humboldt. Es miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de Bavaria, del Comité Científico Boron Americas Workshops, del International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), y del International Council of Main Group Elements.
rcontrer@cinvestav.mx

ANGELINA FLORES PARRA Profesora Titular 3C en el Departamento de Química del Cinvestav y miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel II. Coordina el programa "La Tecnología y la Ciencia desde el Cinvestav", donde participan estudiantes y profesores de secundaria. Hizo el doctorado *Sciences Physiques-Chimie* en la Universidad de París Sud, Centre D'Orsay, Francia. Los temas que desarrolla son de la Química heterocíclica y de coordinación, por el interés en la síntesis orgánica, síntesis asimétrica y el estudio estructural de nuevos bogantes heterociclos saturados, donde se combina con la química covalente y de coordinación de los elementos representativos. En estos ligantes, la reactividad, las propiedades coordinantes la estereoquímica y el comportamiento dinámico dependen de su distribución electrónica, lo que se estudia por modelos moleculares. En la Química de los elementos representativos, la resonancia multinuclear es una herramienta indispensable para su estudio.
aflores@cinvestav.mx

Se dice que en el siglo XXI, la mercancía más cara y más apreciada que se puede comerciar es el conocimiento. El conocimiento permite que los niños aprendan a ser críticos, creativos, partícipes y tolerantes al comprender mejor el mundo y la sociedad que los rodea.

En general, la ciencia y el conocimiento permiten mejorar las condiciones de vida de los seres humanos, a continuación queremos comentar algunos ejemplos, los conocimientos permiten el acceso a una mejor producción de alimentos, a un mejor uso de las plantas y de los animales que constituyen nuestra alimentación. Por ejemplo, el conocimiento tiene que ver con el desarrollo de fertilizantes, con un mejor combate a las plagas y control de enfermedades de plantas y animales, con la elaboración de especies mejoradas, con la adaptación de los suelos y con las obras hidráulicas que permiten tener mejor riego, etc.

Los conocimientos nos ayudan a tener mejor salud, el conocimiento de la biología y de la química de los seres vivos permiten a los médicos dar los consejos necesarios para mantener la salud. Los químicos pueden fabricar los medicamentos que permiten curar las enfermedades y con ayuda de la física se construyen los aparatos para hacer diagnósticos o recibir tratamientos, como los instrumentos de rayos-X o los aparatos de radioterapia.

Los conocimientos químicos sobre materiales y los principios de la física han dado a los hombres la capacidad para construir viviendas y máquinas para el transporte de personas y de mercancías. Los conocimientos de la física y de la química por otro lado han dado las facilidades para construir equipos sofisticados para realizar telecomunicaciones y fabricar las computadoras que han permitido que la capacidad del hombre para realizar cálculos y facilitar tareas intelectuales se multiplique casi infinitamente.

Podemos decir que la aplicación del conocimiento se convierte en salud, alimentos, energía, habitación, transporte, riqueza, entretenimientos y seguridad militar, entre otros.

¿Cuál es la diferencia entre ciencia y tecnología?

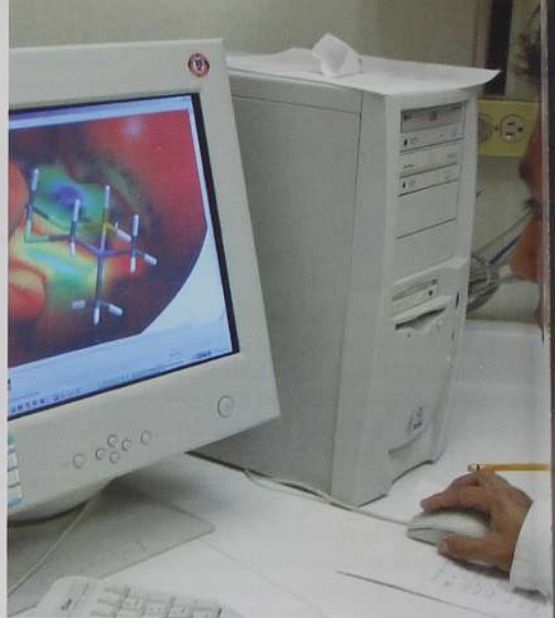
A menudo se comenta que al ser nuestro país pobre, los mexicanos no debemos invertir en la ciencia porque ésta es muy cara y debemos, por el contrario, enfocar nuestros esfuerzos a la tecnología. A este respecto es

El estudio de la diversidad genética del maíz ha ayudado a producir las nuevas variedades domésticas, algunas de ellas más resistentes a las plagas.





Jóvenes investigadores interesados en la ciencia.



muy importante mencionar de nuevo que la ciencia es la búsqueda del conocimiento y que la tecnología es la aplicación de éste, resulta obvio que la ciencia y la tecnología son insolubles y que es muy improbable que se pueda generar tecnología si no se cuenta con conocimientos y sobre todo con científicos. También resulta que si los conocimientos significan riqueza, invertir en su producción, redundará en una inversión rentable, porque generaremos riqueza.

¿En donde reside el conocimiento y cómo se aplica?

El conocimiento se descubre, se produce, se aplica y se administra por las personas educadas, es decir aquellas que han adquirido el conocimiento de otras personas que les antecedieron y además, que han aprendido a producirlo, es decir que pueden hacer investigación y a utilizar los conocimientos para producir tecnología. Ellas constituyen la inteligencia del país, son muy valiosas porque saben como resolver los problemas y buscar las soluciones. Este aprendizaje se adquiere en las escuelas y las personas se vuelven más útiles a medida que se preparan mejor.

Entre mayor número de personas preparadas hay, más contribución hacen al desarrollo del país. Los países hablan de estas personas como de su capital humano. Las personas que se educan son más útiles a la sociedad y tienen mayor influencia benéfica y ésta las recompensa con mejores salarios.

En épocas pasadas se consideraba que los países con grandes reservas naturales tenían asegurado un futuro glorioso, hoy se ha visto que tener reservas de materias primas como el petróleo, el carbón, los metales, bosques etc., no son una garantía de riqueza por el contrario se ha visto que muchos de estos países han perdido sus riquezas y han caminado a la pobreza extrema. En cambio aquellos países que han planeado su desarrollo

en base al conocimiento y a la educación son pueblos prósperos.

Dos ejemplos muy conocidos son Japón y Suiza, cada vez que estos países venden mercancías de alto valor agregado como computadoras, aparatos fotográficos, robots etc., están vendiendo conocimiento, un microchip de computadora que pesa unas fracciones de gramos puede valer lo mismo que cuatro barriles de petróleo. Por lo tanto, vender conocimiento se ha vuelto un negocio muy rentable y por eso el siglo XXI es el del conocimiento y el de la ciencia.

Ahora es muy claro que la diferencia entre los países pobres y los ricos es la creación del conocimiento, su aplicación y su comercialización.

¿Cuál es el papel de los niños y de los jóvenes mexicanos en el siglo del conocimiento?

Los jóvenes pueden preguntarse acerca de su papel en la creación del conocimiento. Por ejemplo, acerca de que hay todavía cosas por descubrir y si todavía hay problemas que resolver. En nuestra opinión, los descubrimientos científicos están casi todos por ser descubiertos, sabemos únicamente una parte infinitesimal de lo que podríamos conocer y hacer. A continuación daremos algunos ejemplos de lo que en nuestra opinión se necesitaría conocer o resolver o algunos temas de investigación en curso importantes para la sociedad.

Por ejemplo, en temas de salud podemos decir que existen muchas enfermedades cuya causa todavía no se entiende y cuyo conocimiento permitiría prevenirlas y además de que todavía hay un buen número de enfermedades sin cura, ya que no se conocen medicamentos que las combatan. Habrá que hacer un gran esfuerzo para desarrollar nuevos fármacos, la mayoría de las enfermedades requieren de investigación

para encontrar los tratamientos adecuados. Las enfermedades de los países pobres requieren especial atención, un grupo de ellas son las parasitosis o las nuevas enfermedades virales como el ébola y otras, para las cuales no existen todavía tratamientos adecuados. La población creciente del planeta y la rápida comunicación y transportación hace la emergencia de nuevas epidemias que vuelven imperiosa la investigación para detenerlas y curarlas.

En relación a la salud y a la vida, los investigadores saben ahora que los procesos biológicos necesitan entenderse con mucha claridad. Es conocido que todas las funciones biológicas, por ejemplo en el hombre, desde caminar, digerir los alimentos o pensar, están basadas en cambios químicos, por lo tanto la comprensión de los procesos biológicos a nivel molecular y atómico es un campo de investigación muy amplio. De especial importancia es el estudio del código genético y del genoma de las especies vivientes y el funcionamiento de los seres vivos.

La fabricación de máquinas, computadoras y robots permiten al hombre ampliar su capacidad física e intelectual, no hay límite para el diseño de nuevas máquinas, de computadoras cada vez más pequeñas, rápidas y potentes y los robots permiten hacer tareas muy delicadas (como operaciones quirúrgicas), pesadas (como el movimiento de cargas peligrosas, trabajos submarinos o desactivación de bombas). Para poder construir estas máquinas extraordinarias, los hombres han tenido que diseñar y construir circuitos electrónicos miniaturizados, tanto que ahora son microscópicos o submicroscópicos. Esta área del conocimiento científico requiere de investigación y del uso de tecnología muy avanzada.

Si pensamos en la alimentación humana, recordemos que es necesario producir alimentos para los seis mil quinientos millones de habitantes del planeta para eso es necesario investigar como producir mejores fertilizantes que mejoren la tierra sin contaminarla. En el pasado han ocurrido avances en este sentido, por ejemplo la introducción de la papa, desarrollada en el Perú en tiempos prehispánicos, en la dieta europea después del descubrimiento de América permitió el progreso de Europa; el desarrollo de la producción industrial de amoníaco a partir del nitrógeno del aire, por el químico Haber al principio del siglo XX, permitió en su momento, que los europeos y principalmente los alemanes disminuyeran las muertes

por hambre en la primera guerra y después que la mejor producción de alimentos permitiera el sostenimiento de la creciente población humana.

También en el rubro de alimentos es necesario mejorar los controles de plagas, sin envenenar los alimentos ni el medio ambiente, para esto es necesario diseñar plaguicidas muy específicos y amables con el medio ambiente, inocuos para las plantas y animales y especialmente para el hombre.

La investigación permite acercarse cada vez más a mejores soluciones. Un área muy importante en la producción de alimentos es el mejoramiento de las especies, plantas o animales que nos sirven de alimento, para que tengan una mejor calidad nutritiva. En este sentido es importante tener en cuenta que desde el principio de la humanidad el hombre ha seleccionado las plantas y los animales que usa para su beneficio produciendo especies mejoradas o transgénicas; ejemplos muy conocidos son los cereales como el maíz y el trigo y los animales como los cerdos y las aves. La selección manual hecha por el hombre tomó decenas de siglos, ahora los modernos métodos biotecnológicos permiten acortar estos tiempos y obtener alimentos seguros y de mejor calidad. Estas tareas de la investigación son fundamentales para mantener la enorme población humana del planeta.

Otro tema de gran importancia en la sociedad moderna es el envejecimiento, el cuerpo humano está diseñado para durar el tiempo que requiere la reproducción es decir en las mujeres alrededor de los cincuenta y en los hombres unos años después, al terminar la fertilidad los cuerpos envejecen. Con los nuevos tratamientos médicos de la era moderna, los cuidados y la prevención de enfermedades hacen que las personas vivan más y por lo tanto requieran de cuidar mejor su salud y reparar los órganos de su cuerpo que se han dañado por el uso, accidentes o por el envejecimiento. Para reemplazar los órganos dañados, se pueden hacer trasplantes de otros órganos o bien usar prótesis fabricadas con materiales artificiales que copien con la mayor calidad y fidelidad las características de los tejidos de los órganos que se reemplazaran. Todos conocemos el uso de estos materiales en la odontología y en la ortopedia. La investigación está buscando por ejemplo nuevas prótesis que puedan mimetizar el funcionamiento de órganos más complejos, por ejemplo de oídos y ojos que pueden ser substituidos por implantes electrónicos.

La ciencia da mejores armas para evitar o remediar la contaminación ambiental cuyo origen parte de la excesiva población humana y de una industria muy anticuada que no ha evitado dañar al medio ambiente.



Industria del petróleo, en donde se han mejorado grandemente los procesos.

La investigación de materiales nuevos para la construcción de edificios, de vehículos de transporte o de mobiliario para las habitaciones humanas tiene por objeto buscar la comodidad y el bienestar. Así se desarrollan textiles, polímeros, cerámicas, aleaciones, que pueden tener mejores características de duración o resistencia, que las fibras y maderas naturales o los metales simples. Un campo muy importante es la investigación de materiales para la construcción de computadoras y para aparatos de telecomunicación, la miniaturización de estos aparatos requiere del diseño de partes extraordinariamente complejas y ligeras. En este sentido, los diodos (los leds, dispositivos semiconductores que emiten luz cuando son atravesados por una corriente eléctrica) producirán una verdadera revolución para la iluminación que será mucho mejor y más barata en energía. Estos nuevos materiales tendrán un efecto en los aspectos de entretenimiento, como las televisiones, los videojuegos, etc.

La ciencia da mejores armas para evitar o remediar la contaminación ambiental cuyo origen parte de la excesiva población humana y de una industria muy anticuada que no ha evitado dañar al medio ambiente. La investigación actual se enfoca en desarrollar una industria que no contamine, que sea altamente eficiente y que pueda ser manejada con la mínima mano de obra. En este sentido es muy importante conocer los proyectos de la química verde, que implican volver a encontrar procesos industriales de contaminación cero que usen como disolvente básico al agua y no a disolventes agresivos como los derivados del petróleo.

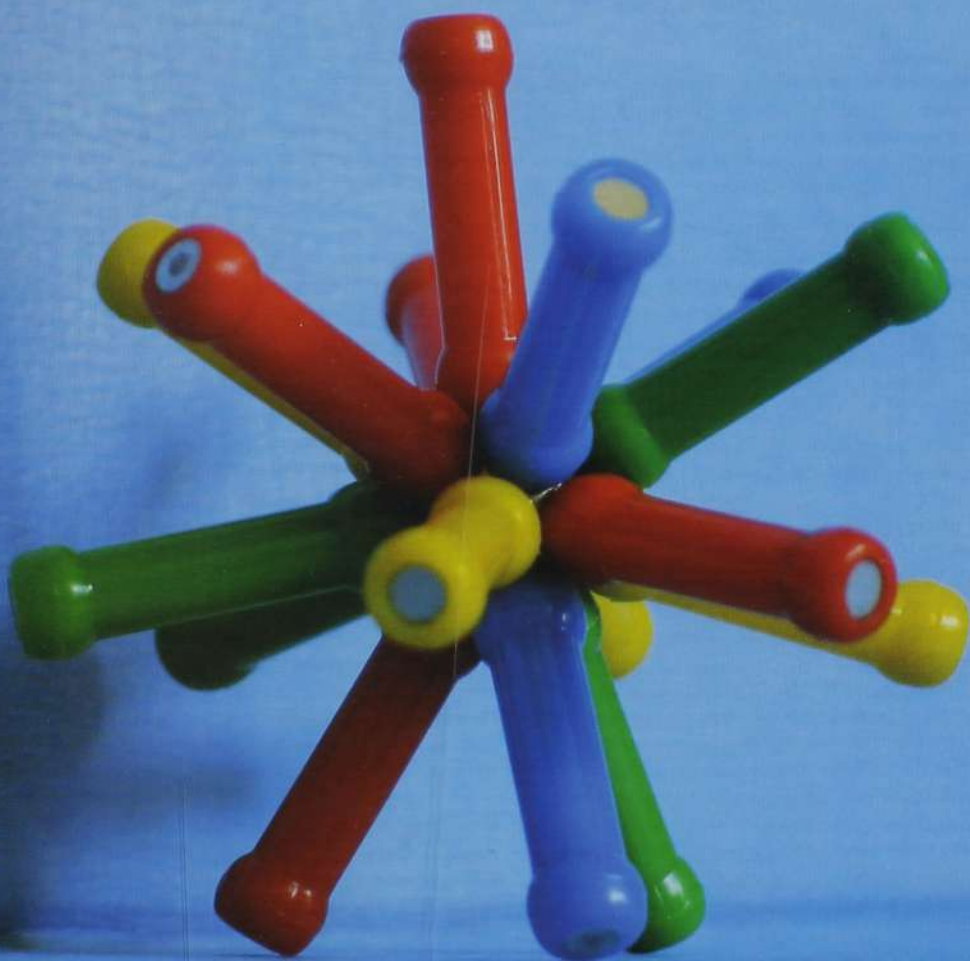
En relación a la contaminación atmosférica, un problema que deberá tener una solución rápida es encontrar como bajar la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. Esta mayor concentración del CO₂, producida por el aumento de combustibles fósiles

y la deforestación de selvas y bosques, aumenta la temperatura del planeta y pone en riesgo a los seres vivos que lo habitamos. Muchas universidades y centros de investigación en el mundo trabajan en proponer soluciones a este problema. Otro asunto que debe de ser abordado por los jóvenes es como preservar el extraordinario patrimonio que significan todas las especies vivientes que comparten el planeta con nosotros, estas especies tienen que ser catalogadas y cuidadas por el hombre, es parte del compromiso que tienen los humanos para preservar su propia existencia.

El hombre ha desarrollado una gran inteligencia que le ha permitido usar a la naturaleza en su beneficio. Una de las características de su viabilidad ha sido utilizar fuentes de energía renovables y no contaminantes que le faciliten su vida y hacer grandes tareas. La energía que al principio usó el hombre fue la de su propio esfuerzo; después, el calor del fuego de vegetales, la energía de los animales y más tarde otras fuentes como la de los combustibles fósiles. Sin embargo, el uso de estas fuentes de energía ha llevado a una crisis al planeta y en este momento es de supervivencia buscar energías que se renueven y que no contaminen, en ese sentido las energías hidráulica, eólica, solar, nuclear y el uso de hidrógeno como combustible son la alternativa. El desarrollo de todas ellas requiere de un gran esfuerzo de investigación y de desarrollo tecnológico.

El desastre climático ha hecho que los desiertos se extiendan y que haya menor disponibilidad de fuentes de agua. Además, la contaminación del agua de ríos, lagos y mares está constituyendo un gran riesgo para la especie humana. Será indispensable trabajar en métodos simples y baratos para la purificación y desalación del agua, encontrar estos métodos permitirá convertir los desiertos en vergeles y restaurar la producción de

El ejercicio de la ciencia permite cultivar el razonamiento, la capacidad intelectual, la curiosidad, la actitud crítica, la creatividad, estimula el gusto por conocer, explicar el porqué y el cómo y también por hacer y crear.





Jóvenes galardonados con el premio "Young Scientist Award" en el Departamento de Química del Cinvestav.

La respuesta es que no tenemos suficientes ingenieros, tecnólogos y científicos y necesitamos urgentemente que más jóvenes se enrolen en estas carreras.

alimentos. México es un buen ejemplo de un país que aumentaría la riqueza y fertilidad de sus campos con estos métodos, pues se podría usar agua de mar para el riego, aquí la condición es encontrar los materiales que permitan quitar las sales y las impurezas con un costo bajo de energía. También con energía barata, el agua purificada se podría bombear a los lugares altos en donde hiciera falta. Los materiales que permitirán realizar esas tareas de purificación del agua, solo pueden ser desarrollados con la ciencia y la tecnología más sofisticada.

Pero la ciencia y el conocimiento no solo tienen aplicaciones útiles que mejoran aspectos prácticos de nuestra vida diaria. La ciencia también permite tener un entendimiento claro y completo de la naturaleza y el conocimiento de sus procesos y fenómenos más íntimos que permiten al hombre vivir en armonía con el ambiente y preservar el futuro. Le permiten entender como funciona el planeta y el universo y de esta manera evitar que viva asustado por fenómenos que pueda atribuir a fuerzas sobrenaturales, por ejemplo los hombres primitivos pensaban que muchas calamidades eran originadas por enojo de los dioses y para calmarlos era necesario hacer sacrificios, en muchas ocasiones de personas. Ahora entendemos el origen de las erupciones volcánicas, de los huracanes y de los terremotos. Y

podemos tener un sistema de prevención que ayude a evitar desgracias. También sabemos que las enfermedades tienen un origen conocido y no son atribuidas a maldiciones o castigos divinos y que pueden ser prevenidas o curadas científicamente.

Por lo tanto la ciencia da una explicación racional a los hechos de nuestra vida diaria y nuestro entorno, impide aceptar las explicaciones mágicas y obscuras de las épocas pasadas, por ejemplo las del medioevo.

El ejercicio de la ciencia permite cultivar el razonamiento, la capacidad intelectual, la curiosidad, la actitud crítica, la creatividad, estimula el gusto por conocer, explicar el porqué y el cómo y también por hacer y crear.

El conocimiento permite entender los extraordinarios fenómenos de la materia, del universo, de la vida y apreciar y disfrutar en todo su valor su complejidad, funcionamiento y sus reglas. Tener ese conocimiento es un privilegio y da a las personas una gran sabiduría y humildad y la satisfacción de conocer los procesos más íntimos de la naturaleza.

¿Qué pasa en México con relación al conocimiento?

Nuestro país pertenece al grupo de países subdesarrollados, esto significa que es un productor y exportador de materias primas y un comprador e

importador de bienes basados en el conocimiento. Por ejemplo, de los productos que se elaboran de nuestras propias materias primas, pero que para su conversión se requiere de conocimientos científicos y tecnológicos. Tal vez un caso muy obvio es la exportación de petróleo crudo y barato y la importación de gasolina cara. Otros ejemplos son los minerales que produce nuestro país y la importación de objetos metálicos y aleaciones. México compra productos elaborados y caros como son textiles, muebles, electrodomésticos, equipos electrónicos, computadoras, fármacos, material instrumental médico, maquinarias, etc. México también exporta mano de obra poco calificada, pero contrata expertos extranjeros en muchas áreas del conocimiento. En este intercambio nuestro país pierde; en cierta forma ésta es la explicación de nuestra gran pobreza, a pesar de ser un país con enormes riquezas naturales y este es el costo de la ignorancia. La generación de la riqueza en estos tiempos está basada fundamentalmente en la creación y aplicación del conocimiento.

¿Por qué México no puede producir el conocimiento que consume?

La respuesta es que no tenemos suficientes ingenieros, tecnólogos y científicos y necesitamos urgentemente que más jóvenes se enrolen en estas carreras. En este momento hay una saturación de personas preparadas en los temas administrativos, económicos, sociales que no representan un capital humano útil al país, pues hacen falta las personas que crean la riqueza, principalmente las que influirán en la producción de bienes.

¿Cómo se forman los ingenieros, los tecnólogos y los científicos?

Las personas que pueden hacer el cambio en nuestra sociedad con respecto al desarrollo del conocimiento

son los jóvenes mexicanos y para ello tienen que educarse en las escuelas y universidades. Los jóvenes pueden incorporarse a la creación del conocimiento y de los bienes necesarios para el progreso de nuestra sociedad a través del estudio en carreras profesionales que tengan aspectos productivos como las ingenierías, las matemáticas, la física, la química y la biología, entre otras. Estos profesionistas tienen la capacidad de generar bienes y conocimientos y usarlos para el progreso de la sociedad. Una sociedad con educación científica tiene un mayor grado de comprensión del origen de los problemas de la vida diaria, por ejemplo las enfermedades, epidemias, desastres naturales, etc., y ayuda a resolverlos, también puede tomar las decisiones más adecuadas y responsables para la solución de los problemas. Es de vital importancia que las personas que tomarán los cargos públicos de gobierno desde presidencias municipales, diputados, gobernadores, el presidente y otros tengan un amplio conocimiento de la importancia de la ciencia y la tecnología para que sus decisiones influyan benéficamente en el desarrollo de México. Esta educación en ciencias para todos los ciudadanos mexicanos debe iniciarse desde la escuela primaria y secundaria.

La educación basada en aspectos científicos

Incitar a la búsqueda de respuestas acerca de las preguntas más intrigantes de la naturaleza, por ejemplo ¿en donde termina el universo? ¿por qué el agua es azul? ¿por qué pensamos? ¿por qué las plantas son verdes y no se mueven? ¿qué determina la lluvia? ¿por qué debemos preservar las especies? ¿Cuál es el papel de los bosques para preservar las fuentes de agua? etc. El conocimiento permite que los niños aprendan a ser críticos, creativos, participes y tolerantes al comprender mejor el mundo y la sociedad que los rodea. ●

Una sociedad con educación científica tiene un mayor grado de comprensión del origen de los problemas de la vida diaria y ayuda a resolverlos. También puede tomar las decisiones más adecuadas y responsables para la solución de los problemas.

Una mirada al proyecto MILAGRO

DURANTE EL MES DE MARZO SE LLEVÓ A CABO EN NUESTRO PAÍS UNA CAMPAÑA DE MEDICIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EMITIDOS DESDE LA ZMCM. EN EL PROYECTO PARTICIPÓ UN GRUPO DE 400 INVESTIGADORES DE ESTADOS UNIDOS, EUROPA Y MÉXICO DEDICADOS AL ESTUDIO DE LA ATMÓSFERA DE LA TIERRA.

J. C. Arredondo Brun, T. Castro, D. Salcedo y G. Sosa

En la Zona Metropolitana de la Cd. de México (ZMCM) todos los días escuchamos expresiones como: "me lloran los ojos cuando voy en el *pesero*", "con mucha frecuencia tengo dolor de cabeza", "hoy mi hijo no fue a la escuela porque lleva varios días con tos y dolor de garganta" y finalmente es motivo de noticia de primera plana "cuando los volcanes se ven"... Estas expresiones deberían hacernos reflexionar y preguntarnos ¿qué sucede en nuestra atmósfera? ¿por qué nos sentimos mal cuando el aire que respiramos está contaminado? ¿podemos hacer algo para que esto no pase?

Los científicos que estudian la atmósfera y su clima se han hecho estas preguntas desde hace varios años y han encontrado evidencias de que la atmósfera de la tierra presenta niveles altos de contaminantes producidos principalmente en la quema de combustibles fósiles. Y no es de extrañar; en nuestro planeta se consumen anualmente cerca de 7,300 millones de toneladas de petróleo¹, que son utilizadas como combustibles. Al ser quemados, estos combustibles fósiles producen 25,000 millones de toneladas de dióxido de carbono,² así como otros gases

y partículas que son emitidos a la atmósfera.

La mayor parte del consumo de combustibles y de la emisión de contaminantes ocurre en las ciudades; en general, las grandes áreas urbanas del mundo continuarán creciendo en extensión, población, consumo de energía y con ello, en producción de contaminantes atmosféricos, mismos que en un futuro pueden contribuir de manera importante al deterioro de la calidad del aire y ocasionar cambios al clima regional y global.

Varios países que se preocupan por los problemas de contaminación han centrado su atención en el impacto que tienen las emisiones urbanas en la salud de la población local; sin embargo, los gobernantes y los especialistas han puesto poca atención al cambio en el clima global por efectos de emisiones de contaminantes atmosféricos. Un ejemplo son los gases de efecto invernadero (entre los que se encuentra el CO₂) que, además de contaminar la atmósfera, la calientan. Una consecuencia inmediata de este fenómeno es un cambio en el clima de la Tierra.

JUAN CARLOS ARREDONDO BRUN Maestro en Ciencias de la Administración y Salud Ambiental egresado del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Ingeniero Químico y de Sistemas y Maestro en Ciencias de Ingeniería Ambiental (ITESM). Coordinador de Logística del proyecto MILAGRO (Megacities Initiative: Local and Global Research Observation). Líder de proyecto, consultor, analista y asistente de investigación en proyectos sobre eficiencia de procesos, sustentabilidad urbana, gestión de residuos, administración ambiental y cambio climático para el Banco Mundial, el PNUD, el Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia y el Instituto Nacional de Ecología. Fue Director de Programas Estratégicos en el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Jalisco. Actualmente es asesor del Programa de Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología. jarredondo@ine.gob.mx

TELMA CASTRO Física y Maestra en Ciencias Físicas (UNAM). Investigadora Titular en el CCA (UNAM). Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. En 1991 conoce al Dr. Molina (Premio Nobel de Química en 1995), quien, junto con el Dr. Ruiz (CCA-UNAM), la asesora en su trabajo de doctorado, obteniendo el grado en 1995 en la Fac. de Química y la medalla al mérito académico "Gabino Barreda" que otorga la UNAM. En 1996 se traslada al Massachusetts Institute of Technology (MIT), donde realiza una estancia posdoctoral durante un año. Trabaja en temas relacionados con la Química Atmosférica. Ha publicado 30 trabajos en revistas de circulación nacional e internacional. Desde 1999 es tutor de posgrado en la UNAM.

Participa en los comités científicos de MILAGRO (Megacities Initiative: Local and Global Research Observation) y de Scientific Committee Advisor del IAI (Inter American Institute).

telma@servidor.unam.mx

DARA SALCEDO Química (UNAM). Doctora en Físicoquímica por el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Estancias posdoctorales en el California Institute of Technology (Caltech) y en Aerodyne Research Inc. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Desde 2004 integra el Centro de Investigaciones Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, donde su investigación se ha enfocado al estudio de propiedades químicas y físicas de partículas suspendidas en la atmósfera, haciendo trabajo de campo y de laboratorio. Ha publicado siete artículos en revistas científicas internacionales, con más de 90 citas.

dara@cicq.uaem.mx

GUSTAVO SOSA Físico (UAP). Doctor en Ciencias (Cinvestav). Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores y al Panel de Expertos en Bioseguridad de la Conabio. En 1990 ingresó en el Instituto Mexicano del Petróleo, área de Medioambiente (modelación de la formación y dispersión de contaminantes, generación y análisis de datos ambientales y validación de inventarios de emisión). En 1999 el Massachusetts Institute of Technology (MIT) le otorgó la beca Mario Molina, como reconocimiento a su trabajo de investigación en el área ambiental. Actualmente investiga el impacto de las emisiones industriales en el ambiente.

gsosa@servidor.unam.mx



Fig. 1. Localización de los sitios de monitoreo atmosférico.

Para comprender mejor estos posibles efectos y responder a las preguntas planteadas al inicio de este artículo, durante el mes de marzo se llevó a cabo en nuestro país, una campaña de medición de contaminantes atmosféricos emitidos desde la ZMCM. En el proyecto participó un grupo de 400 investigadores de Estados Unidos, Europa y México dedicados al estudio de la atmósfera de la Tierra, de los cuales 80 éramos mexicanos.

La campaña fue parte del proyecto MILAGRO (por su sigla en inglés), que en español se traduce como *Iniciativa para una megaciudad: Mediciones ambientales locales y globales de la contaminación*. El objetivo principal del proyecto es entender la evolución, transporte y alcance de la pluma urbana formada por gases y aerosoles (partículas suspendidas en un gas) que se emiten en una megaciudad, aquella zona urbana que tiene más de 10 millones de habitantes.

La ZMCM se escogió como caso de estudio porque actualmente es una megaciudad y además está situada en la franja tropical mundial, donde sabemos que se concentra una parte importante de la población del mundo. En particular, la ZMCM tiene aproximadamente 20 millones de habitantes, y aunque se ha estado trabajando para mejorar la calidad del aire, sigue presentando niveles altos de contaminantes que afectan la salud de sus pobladores y ecosistemas.

Los contaminantes emitidos en la ZMCM no permanecen únicamente dentro de ella, sino que pueden ser llevados por el viento y viajar hacia otros lugares. Por tanto, durante la campaña fue necesario

conocer dónde se emitían los contaminantes y hacia dónde viajaban.

Modelo conceptual de la campaña de monitoreo

Previo al inicio de la campaña del proyecto MILAGRO se recurrió a la ayuda de modelos meteorológicos y observaciones de satélite para establecer tres sitios de monitoreo de contaminantes en superficie.

Las predicciones de los diferentes modelos utilizados y las mediciones de la columna vertical de concentración de NO_2 registradas por los Satélites indicaron que durante el mes de marzo la pluma urbana de la ZMCM presentaría una dirección predominante de dispersión hacia el noroeste. En este sentido, la ubicación de los sitios de monitoreo en superficie se seleccionaron de tal manera que cada uno de ellos registrara la pluma contaminante bajo diferentes condiciones: a) emisiones frescas locales (T0), b) emisiones "frescas" bien mezcladas (T1) y c) emisiones transformadas químicamente por reacciones fotoquímicas (T2). Las etiquetas "T0", "T1", y "T2" hacen referencia al tiempo de transporte de la pluma de contaminación urbana en diferentes puntos.

Estos sitios se ubicaron en las instalaciones del Instituto Mexicano del Petróleo (T0) dentro de la ZMCM y dos fuera de ella, uno en la Universidad Tecnológica de Tecámac (UTTEC), en el Estado de México, y el otro en el Rancho la Biznaga, en el Estado de Hidalgo, identificados dentro del proyecto como T1 y T2 respectivamente (fig. 1). En cada uno de los sitios

se instaló equipo estándar y especializado. Las actividades de monitoreo se realizaron durante un período de 30 días, 24 horas al día. Adicionalmente se instalaron ocho unidades móviles en el perímetro de la ZMCM y participaron seis aeronaves de investigación equipadas con instrumentos de medición, cinco tuvieron su base en Veracruz y una en Houston. Las medidas tomadas desde el aire proporcionaron información de la atmósfera sobre una vasta región a diferentes altitudes. También se utilizaron instrumentos con base satelital para cubrir un área geográfica aún mayor.³

El arreglo espacial de los sitios de monitoreo permitiría conocer la evolución de los contaminantes atmosféricos, desde que son emitidos por distintas fuentes, mezclados en la atmósfera por procesos de turbulencia y transformados por procesos fotoquímicos. A este tipo de experimentos se los conoce como "lagrangianos", debido a que se monitorea el mismo volumen de aire en diferentes tiempos.

Con esta selección de sitios en superficie, más las mediciones realizadas por las aeronaves-laboratorio, se podrán responder las siguientes interrogantes:

- ¿Cómo evolucionan los aerosoles y cuáles son las interacciones gas-aerosol durante el transporte de contaminantes hacia afuera de la zona urbana en una escala regional y global?
- ¿Cuáles son las fuentes de emisiones y cómo afectan las concentraciones de contaminantes dentro de la capa de mezclado en la cuenca de la Ciudad de México?
- ¿Cuál es el nivel de exposición de niños y jóvenes a contaminantes atmosféricos a lo largo de la trayectoria del transporte de los contaminantes atmosféricos?
- ¿Cuál es el potencial oxidativo de los aerosoles siguiendo la pluma de contaminantes y cuál es su correlación con el potencial de inducción de degradación de ADN *in vitro*?

Sitio T0

El principal propósito de realizar mediciones ambientales en el sitio T0 fue el de caracterizar la composición química de las emisiones *fresecas* dentro de la zona urbana, por lo que se escogió una zona de la Ciudad de México representativa de las emisiones urbanas y que tuviera la infraestructura necesaria para albergar gran cantidad de equipo y científicos durante un mes. Con estas premisas, el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) resultó el sitio adecuado para recibir a cerca de 100 investigadores provenientes de 35 instituciones, entre nacionales y extranjeras (fig. 2).

El IMP está ubicado en la zona norte de la Ciudad de México, cuyas coordenadas son 19° 29' latitud norte y 99° 08' longitud oeste. El uso de suelo que rodea el área circundante al IMP es principalmente habitacional y comercial, sin embargo a un km al noreste de este lugar

se encuentra la zona industrial de Vallejo. El flujo vehicular en el área es particularmente intenso, al norte se encuentra el Eje 5 Norte (Av. Montevideo), al este la Av. de los Cien Metros, al sur Poniente 128 y al oeste la Av. Vallejo. Los vehículos que circulan son principalmente automóviles de gasolina, sin embargo una fracción importante son vehículos pesados de diesel.

Las mediciones realizadas en T0 incluyeron el registro de variables meteorológicas y la concentración de especies químicas, tanto en fase gas como en aerosol. Por su parte, el tipo de instrumentos utilizados variaron desde equipos comerciales básicos hasta nuevos dispositivos de medición que por primera vez fueron utilizados en campo (fig. 3). La distribución de los equipos dentro de T0 se agrupó de la siguiente manera: a) en el edificio 32A se instalaron todos los equipos encargados de la caracterización de las propiedades químicas y físicas de los aerosoles, con un total de 35 equipos (fig. 4), b) en el edificio 32B se instalaron los equipos para la caracterización de las especies químicas gaseosas, con cerca de 15 equipos instalados, c) en la azotea del edificio 20 se instalaron los muestreadores de bajo y alto volumen (12 de alto volumen y 10 de bajo volumen) para la captura de partículas de las fracciones PM10 y PM2.5, así como la estación meteorológica de superficie, d) en el campo de fútbol se instalaron el globo cautivo y el sistema Lidar para la medición vertical del contenido de aerosoles, y e) en la azotea del edificio 27D se instaló el perfilador automático de viento (915 Mhz), un ceilómetro-Laser (0.905 μm), para medir la distribución vertical de la capa de aerosoles y un radiómetro de 12 canales en la banda de microondas para medir la temperatura de la capa baja de la atmósfera. Adicional al equipo fijo instalado, T0 fue sitio base de las unidades móviles de Aerodyne y Chalmers, las cuales realizaron mediciones en tiempo real de distintas especies químicas en distintos puntos de la ciudad y fuera de ella.



Fig. 2. Panorámica del Instituto Mexicano del Petróleo (T0).

Entre las variables medidas por los diferentes grupos ubicados en T0 destacan los siguientes:

Partículas y aerosoles:

- En tiempo real: masa total, iones, elementos traza, carbón elemental, carbón orgánicos en sus diferentes componentes, carbón orgánico total, Hg total en PM10, distribución de tamaño de partículas (10-400 nm), núcleos de condensación de nubes, HPA, coeficientes de absorción y dispersión en aerosoles y espesor óptico.
- Análisis en laboratorio: masa total, iones, elementos traza, carbón elemental, carbón orgánico total y sus componentes, metales, trazadores de quema de biomasa (Na, K, Rb, Cs en partículas de 20-400 nm), isótopos (^{14}C , ^{40}K , ^{210}Pb , ^7Be , ^{210}Po , ^{210}Bi) y morfología con microscopía electrónica y de barrido.
- Gases: óxidos de nitrógeno (NO , NO_2 , HONO , N_2O_5 , etc.), ácido nítrico, amoníaco, H_2 , CO , CO_2 , metano, hidrocarburos volátiles (aromáticos, glioxal), formaldehído, radicales libres (OH y HOx) ozono, Hg, compuestos tóxicos (benceno, 1-3 butadieno).
- Radiación solar: flujo actínico de UV, radiación de onda corta incidente y emitida, UVB, radiación solar total, difusa y directa.
- Meteorología: en superficie (16 m): temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, dirección y velocidad del viento.
- Perfil vertical: medición continua de la velocidad y dirección del viento a diferentes alturas, altura de capa de mezcla, perfil vertical de la atmósfera y altura de base de nube.

Sitio T1

La Universidad Tecnológica de Tecámac, seleccionada como sitio T1, se ubica en el municipio de Tecámac, en el Estado de México, a 30 kilómetros al norte del Distrito Federal, en las coordenadas $19^\circ 43'$ latitud norte y $98^\circ 58'$ de longitud oeste, y a una altura de 2,340 metros sobre el nivel del mar.

El municipio de Tecámac limita al norte con el Estado de Hidalgo y al oeste con Teotihuacan. El clima predominante de la localidad es templado, semiseco y con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 16.4°C con un máximo de 31.5°C y una mínima de 6.5°C . Tiene una precipitación pluvial promedio anual de 636 mm. La principal vía de comunicación es la carretera federal número 85, vía México - Pachuca (libre y de cuota), que atraviesa prácticamente al municipio de sur a norte. El sistema de transporte consiste en líneas de autobuses, microbuses, combis y taxis. La actividad económica del municipio se integra principalmente por actividades comerciales (1,923 giros comerciales alimenticios, 1,147 giros comerciales no alimenticios, y nueve mercados). Para la atención a la educación básica y media en el municipio hay 167



Fig. 3. Instalación del sistema Lidar para medir la estructura vertical de aerosoles en T0. Piotr Lewandowski y Heidi Holder (Universidad de Iowa).



Fig. 4. Laboratorio de aerosoles en T0. De izquierda a derecha: James Allan (Manchester University), Dara Salcedo (Universidad Autónoma del Estado de Morelos), Jose Luis Jiménez y Allison Aiken (University of Colorado).



Fig. 5. Trailers en T1 y tetrasonda para medir compuestos orgánicos volátiles. Vista al Oeste.

escuelas y dos para el nivel superior, la Escuela Normal de Tecámac y la Universidad Tecnológica de Tecámac. De acuerdo con el último censo de población (2000), el municipio cuenta con 172,410 habitantes.

En el sitio T1 se colocaron nueve unidades móviles de monitoreo atmosférico (figs. 5 y 6) y en la azotea de unos de los edificios se colocaron: una torre meteorológica (Instituto de Investigaciones Eléctricas), equipo de radiación (Instituto de Geofísica-UNAM, University of Huston), muestreadores de partículas de alto y bajo volumen para PM10, PM2.5 e impactadores de cascada (CENICA, Instituto de Cancerología, Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM) (fig. 7 y 8). La muestras de partículas obtenidas en diferentes substratos, se analizan en laboratorio usando diferentes técnicas: PIXE (composición elemental), cromatografía de líquidos y absorción atómica (composición química), microscopía electrónica (TEM y SEM) para morfología.

En las unidades móviles se instalaron diferentes equipos de medición que estuvieron bajo la supervisión de investigadores del National Center for Atmospheric Research (NCAR), Argon National Laboratory (ANL), Penn State University, Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), Georgia Institute of Technology, University of California (Berkeley), Texas A&M University, Molina Center for Energy and Environment, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del DF, Aerodyne Research Inc., State University of New York, Heidelberg University (Alemania), Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (España), Institute of Meteorology and Climate (IMK-IFU, Alemania) y la UNAM.

Durante la campaña se obtuvieron medidas de parámetros meteorológicos como temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento y flujos (fig. 9). Se utilizó un perfilador de viento para obtener el campo del mismo en la vertical. También

se midieron los campos de radiación global, difusa y directa en banda ancha y espectral, UV en banda A, radiación infrarroja, espesores ópticos en diferentes longitudes de onda y se utilizó una cámara hemisférica para medir cubierta de nubes (fig. 10).

En lo que respecta a gases se tomaron concentraciones de SO_2 , O_3 , NO_x , CO , H_2O , CF_2Cl_2 , HCN , N_2O , HCl , HDO , CO , CFCl_3 , OCS , NO , HF , O_3 , CH_4 , SO_2 , NO_2 , C_2H_6 , HNO_3 , PAN , C_2H_2 , CH_2O , CHF_2Cl y CO_2 . Adicionalmente se tomaron medidas de N_2O_5 , NO_3 , NO_y , OH , HO_2 , H_2SO_4 , HONO y HCHO con equipos que no son comerciales. Se utilizaron tetrasondas para obtener el perfil de compuestos orgánicos volátiles (VOC) y ozono sondas para el perfil de ozono (fig. 11). Junto con estas medidas de gases, se adquirieron datos de las propiedades físicas de las partículas como: los coeficientes de absorción y dispersión, número de partículas, distribución por tamaño de partículas y formación de nano partículas (fig. 12).



Fig. 6. Equipo para medir la formación de nuevas partículas. Interior de un trailer de NCAR. De izquierda a derecha: Kenjiro Iida y Mark Stolzenburg (University of Minnesota), Matthew Dunn (University of Colorado).



Fig. 7. Colectores de partículas de alto y bajo volumen (HighVol y MiniVol). Rocío Galván (CENICA).



Fig. 8. Impactadores de cascada para obtener composición química por distribución de tamaño de partículas con diámetros de 0.18 a 10 μm y colector de partículas $\text{PM}_{2.5}$ (izquierda). Vista al Sur en T1.



Fig. 9. Torre meteorológica en T1. Con dos anemómetros sónicos, sensores de temperatura, humedad relativa, presión y radiación colocados a 5 y 10 metros. Vista al Este en T1.

Sitio T2

El Rancho la Biznaga se ubica en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, el cual se localiza entre los paralelos 19° 57' de latitud norte y 98° 55' de longitud oeste, a una altitud de 2,360 metros sobre el nivel del mar. Al norte se ubica la ciudad de Pachuca y al sur el poblado de Tizayuca. Se encuentra asentado sobre terrenos que son predominantemente montañosos. Su clima es templado, registra una temperatura media anual de 16.2 °C, precipitación pluvial de 557 milímetros por año. El uso del suelo es agrícola, tiene una población de 11,317 habitantes, 17 escuelas y 3 centros de salud. La principal actividad en el Rancho la Biznaga es agrícola y tiene una extensión de 425 Ha (fig. 13 y 14).

Los equipos que se instalaron en T2 estuvieron bajo la supervisión de Pacific Northwest National Laboratory, Argonne National Laboratory, NASA y el Consejo Estatal de Ecología del Edo. de Hidalgo. Se obtuvieron medidas de parámetros meteorológicos, campos de radiación,

gases y partículas con equipos similares a los que se utilizaron en T1 (figs. 10, 11 y 12).

En escuelas cercanas a los tres sitios T0, T1 y T2, y como parte de la campaña, se realizó un estudio para analizar la contribución del transporte regional de los contaminantes atmosféricos, ozono, PM2.5, nano partículas y compuestos orgánicos volátiles (COV) de la ZMCM en la exposición personal de niños entre 9 y 12 años de edad y adultos jóvenes del DF y los estados de México e Hidalgo; el estudio estuvo a cargo del la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza-UNAM y del CENICA.

Centro de operaciones Veracruz

Un total de 150 personas, entre científicos, meteorólogos, pilotos y técnicos en mantenimiento aeronáutico provenientes de poco más de 30 instituciones, incluyendo personal de la Fuerza Aérea Mexicana y de la Armada de México, trabajaron en



Fig. 10. Cámara hemisférica para medir la cubierta de nubes. Vista al Noroeste en T1.



Fig. 11. Tetrasonda para obtener el perfil de compuestos orgánicos volátiles. Vista al Oeste en T1.



Fig. 12. Interior de trailer UNAM. Equipo para medir las propiedades ópticas de las partículas (izquierda). Analizadores de mercurio y formaldehído (derecha).



Fig. 13. Interior de trailer de PNNL. Equipo para medir propiedades físicas de los aerosoles. De espaldas Mikhail Pekour (Pacific Northwest Nacional Lab) y Yulene Olaizola (TV-UNAM).



Fig. 14. Unidad móvil en T2, equipada con analizadores de gases (ozono, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno) y torre meteorológica. Vista al Oeste.

Veracruz. En un hotel de la localidad se montó el centro de operaciones para el proyecto y cinco de las seis aeronaves empleadas en la campaña tuvieron como sede el Aeropuerto Internacional de Veracruz.

Durante 30 días este grupo de expertos se reunieron diariamente para discutir, elegir y ajustar el plan de vuelo de cada aeronave, y para comentar sobre los objetivos científicos y sucesos de cada misión de vuelo (fig. 15). Cada día, con base en los parámetros recolectados por las estaciones en superficie, así como con datos obtenidos por el Servicio Meteorológico Nacional y el sistema de radares de México, el grupo de expertos en meteorología corría los modelos y generaba un pronóstico del clima del centro y el golfo del país para los cuatro o seis días siguientes. Por su parte, el grupo de científicos sobre calidad del aire y química atmosférica discutía las posibles trayectorias

que tendrían los contaminantes emitidos desde la ZCMC de acuerdo con el clima esperado.

De esta manera,

los científicos y los pilotos de las aeronaves revisaban los diferentes planes de vuelo y seleccionaban el que permitiera medir los contaminantes en la trayectoria predicha por los modelos meteorológicos. Con esta información los pilotos consultaban con las autoridades mexicanas sobre las áreas del país en las cuales era posible volar, para hacer ajustes al plan de vuelo de la aeronave (figs. 16 y 17).

Para cada vuelo se reportó el funcionamiento de los instrumentos de monitoreo ubicados a bordo, y se preparó un resumen de la misión de vuelo, donde se plasmaron los objetivos científicos a cumplir, así como los detalles sobre el vuelo. Toda la información generada era publicada cada día en un sitio en Internet.

	T0	T1	T2	Aéreo
Ubicación	D.F.	Estado de México	Hidalgo	Veracruz
Núm. de investigadores	110	60	30	140
Parámetros medidos				
Aerosoles	P	P	P	P
Hidrocarburos	P	P		P
Gases criterio	P	P	P	
Morfología de partículas		P		P
Meteorología	P	P	P	P*
Radiación solar	P	P	P	
Metales	P	P	P	
Modelación				P



Fig. 15. Reunión de planeación y coordinación, centro de operaciones Veracruz.



Fig. 16. C-130 en Aeropuerto de Veracruz.

Enlace con la sociedad

La campaña del proyecto MILAGRO representó una excelente oportunidad para la colaboración entre investigadores, así como la generación de información sobre la contaminación en la Ciudad de México. Igualmente importante fue la formación de recursos humanos en México y la divulgación de los objetivos, acciones y alcances del proyecto. Durante MILAGRO, un número considerable de alumnos de licenciatura y de posgrado de diversas instituciones del país (DF, Chapingo, Guadalajara, Morelos, Estado de México e Hidalgo) participaron en la campaña como parte de su tesis o como una estancia de investigación.

Sin embargo, el programa educacional de MILAGRO también pretendía involucrar a una gama mayor de estudiantes, así como llegar hasta el público en general. Por ello, durante el mes de marzo, se llevaron a cabo actividades dirigidas a fomentar la comunicación entre investigadores y alumnos de todos los niveles educativos y con el público en general.

El Museo Universum de la UNAM dedicó el mes de marzo para dar a conocer las actividades de MILAGRO. Con ese fin, se exhibió un juego de 18 carteles que explicaban los antecedentes, objetivos, técnicas, acciones y alcances del proyecto. Los carteles fueron generados en un esfuerzo común de investigadores participantes, que contribuyeron con material en su área de experiencia. Además de la exhibición se dictaron ocho conferencias de temas relacionados con el programa MILAGRO, las cuales fueron ofrecidas por científicos nacionales e internacionales. Algunas de estas conferencias se transmitieron a otras instituciones; por ejemplo, a la Universidad Autónoma Metropolitana y a la Universidad Veracruzana. Se estima que alrededor de 1,236 personas tuvieron acceso a estas conferencias. Finalmente, se impartió un taller de

técnicas meteorológicas para niños de primaria. Los sitios de monitoreo (T0 y T1) también se usaron como espacios para realizar actividades educativas. Se realizaron visitas guiadas para estudiantes y público en general. Los visitantes tuvieron oportunidad de conocer a los investigadores dedicados al estudio de la contaminación atmosférica, así como el equipo científico que usaban (figs. 18, 19 y 20).

Durante las visitas a los sitios los investigadores contestaron a las preguntas de los estudiantes, las cuales resultaron una experiencia enriquecedora para ambos interlocutores. Tanto en T0 como en T1 se exhibió un juego de los carteles arriba mencionados y se ofrecieron conferencias. En T1, además, se invitó a los estudiantes de UTTEC y de escuelas secundarias de la zona a visitar los sitios de monitores, se les explicó el funcionamiento de algunos equipos y se les dio la oportunidad de interactuar con algunos de los investigadores (fig. 18). También se ofrecieron conferencias en las escuelas donde se instalaron unidades móviles (Colegio Alemán y la Escuela Secundaria en Tenango del Aire).

Se organizaron visitas a los sitios de monitoreo para grupos específicos. Por ejemplo, se invitó a tres escuelas GLOBE a visitar T1. GLOBE es un programa internacional administrado por UCAR (<http://www.globe.gov/>) en el cual participan escuelas de nivel medio y medio superior, haciendo monitoreo ambiental. Este grupo de escuelas, representó una audiencia especialmente sensible a los temas relacionados con MILAGRO por sus antecedentes ambientales.

También se invitó a un grupo de personal técnico y de funcionarios públicos cuyo trabajo está relacionado con la calidad del aire a visitar T0. En total, 200 personas, entre estudiantes, maestros y especialistas, visitaron los sitios T0 y T1.



Fig. 17. Muestreador en fuselaje de avión G-1.



Fig. 18. Alumnas de escuela secundaria conociendo equipo para coleccionar particulares en T1. Telma Castro (CCA-UNAM) y Raúl Quintana (Instituto de Cancerología).

Por su parte, la Corporación de Universidades para la Investigación Atmosférica (UCAR, por su sigla en inglés), desarrolló material relacionado con MILAGRO dentro del portal de internet *Windows to the Universe*.⁴ Además del material científico, siete participantes en la campaña, entre ellos maestros, estudiantes y alumnos, enviaron reportes desde los sitios de monitoreo sobre sus actividades diarias a esta página.

"¡Hagamos un MILAGRO por el aire!" fue el nombre del concurso piloto que se organizó con dos modalidades: cartel para estudiantes de secundaria y ensayo para estudiantes de preparatoria. Debido al poco tiempo disponible se invitó sólo a 46 escuelas, públicas y privadas, a participar, enviando trabajos con el tema de la calidad del aire. Como respuesta se recibieron 176 carteles y 34 ensayos, de los cuales se premiaron a los tres mejores en cada categoría y se otorgaron menciones honoríficas. Ante los resultados de participación del concurso se prevé la organización de otro concurso a mayor escala.

El programa educativo de MILAGRO contó con la participación de 80 científicos y alrededor de 3,900 estudiantes, maestros y público en general, en todas las actividades organizadas.

Perspectivas

MILAGRO es el primer proyecto a escala mundial para estudiar el comportamiento de la contaminación atmosférica y la exportación de contaminantes generados en megaciudades. La ZMCM fue la megaciudad donde comenzó el proyecto MILAGRO. Se espera que el análisis de datos proporcione información sobre la extensión, persistencia e impacto potencial de

la pluma de la Cd. de México en regiones vecinas, así como entender la evolución de la reactividad fase-gas en la transición de escala urbana-regional, además de la evolución de los aerosoles y sus propiedades radiactivas en la transición de escala urbana-regional-global.

En una primera etapa los investigadores participantes validarán los datos obtenidos durante la campaña y procederán a su análisis. A lo largo de los siguientes 18 meses se convocará a talleres de discusión y análisis, donde los investigadores podrán discutir y comparar los datos e intercambiar puntos de vista e hipótesis sobre la dinámica de los contaminantes del Valle de México y su transporte y transformación en la atmósfera.

De esta manera se espera contar con un conjunto final de datos validados hacia finales del presente año y algunos resultados preliminares para el primer trimestre del 2007. La obtención de resultados es un proceso largo, por lo cual los objetivos del proyecto se irán cumpliendo parcialmente en los próximos tres años, y partir del 2008 todos los datos del proyecto estarán disponibles en Internet. También, se espera mejorar los modelos regionales y globales de transporte y transformación de contaminantes urbanos con la base de datos que se genere.

Los resultados del proyecto MILAGRO podrían permitir a los tomadores de decisiones mejor planeación en el crecimiento de los centros urbanos, así como una búsqueda de medidas para mitigar la contaminación del aire. Se tiene contemplado realizar proyectos similares a MILAGRO en ciudades como Sao Paulo, Beijing o Mumbai, en el afán de conservar una atmósfera limpia para futuras generaciones. ●



Fig. 19. Alumnos de la UTTEC dentro del trailer del Instituto Tecnológico de Georgia colocado en TI.

[Agradecimientos]

Se agradece a I. Saavedra su ayuda en la selección del material fotográfico, así como su participación durante la campaña del proyecto MILAGRO.



Fig. 20. Alumnos de una de las escuelas del programa GLOBE frente a equipo de radiación solar. Agustín Muhlia (IGF-UNAM).

[Referencias]

- ¹ International Energy Agency, 2005, "Key World Energy Statistics", datos al año 2003.
- ² International Energy Agency, 2005, "Key World Energy Statistics", datos al año 2003.
- ³ Más información en http://mce2.org/megacities/fieldcampaign2006/Fact_sheet_MILAGRO_final.pdf
- ⁴ http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/milagro/milagro_intro.html

BioMonterrey06

greso Internacional
Exhibición de Biotecnología

pt 20-24

Monterrey, NL

México

TERMEX

CONFERENCIAS

BIOTECNOLOGÍA

• AGROALIMENTARIA

• SALUD

• MEDIO AMBIENTE

• BIOINFORMÁTICA

• BIOSEGURIDAD

BIO PREGUNTAS

¿Cómo vamos a vivir y morir en el siglo XXI?

¿Tenemos alimentos suficientes o hay que crear nuevos?

¿Estamos cuidando el medio ambiente de nuestros hijos?

¿Lograremos Bioinformática para todos?

SEMINARIOS

• BIOÉTICA

• NANOBIOTECNOLOGÍA

• FORMACIÓN DE BIOTECNÓLOGOS

• COLABORACIÓN CIENTÍFICA Y
TECNOLÓGICA

UNIÓN EUROPEA-AMÉRICA LATINA

EXHIBICIÓN

• BIOEMPRESAS NACIONALES E
INTERNACIONALES

• CENTROS DE INVESTIGACIÓN

• UNIVERSIDADES

• CONSEJOS ESTATALES DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA

• CASOS DE ÉXITO: BIOEMPRESAS

INFORMES PARA
RESÚMENES Y CARTELES:
www.biomonterrey2006.org.mx

FORMES E INSCRIPCIONES

biomonterrey2006.org.mx

tel. (52)(81)8123-8249

errey@prodigy.net.mx lauro.aguirre@cocyten.org



TECNOLÓGICO
DE MONTERREY



Cinvestav



Casa abierta al tiempo

El cerebro y el consumo de drogas

EL ÓRGANO RECTOR ENCARGADO DE COORDINAR LOS MOVIMIENTOS, EMOCIONES Y PENSAMIENTOS ES EL CEREBRO, CUYO DESARROLLO Y ESPECIALIZACIÓN APENAS EMPEZAMOS A COMPRENDER. SU CONTINUO ESTUDIO HA PERMITIDO OBSERVAR A PERSONAS BAJO LOS EFECTOS DE LAS DROGAS O DURANTE LA ABSTINENCIA, Y REFORZAR ASÍ EL CONCEPTO DE QUE LA ADICCIÓN A LAS DROGAS ES, ADEMÁS DE MUCHAS OTRAS COSAS, UNA ENFERMEDAD DEL CEREBRO.

Silvia Lorenia Cruz Martín del Campo

Escribo a mano percibiendo cómo se desliza la pluma sobre el papel mientras oigo música, siento el aire en la cara y huelo las flores del naranjo que me da sombra. Al igual que la mayoría de las personas, oigo, siento, escucho, veo e integro las ideas gracias al extraordinario equilibrio que mi sistema nervioso es capaz de mantener internamente y con el medio que me rodea.

El órgano rector encargado de coordinar los movimientos, emociones y pensamientos es el cerebro, cuyo desarrollo y especialización apenas empezamos a comprender. Los primeros investigadores interesados en este órgano contaban con menos elementos de los que disponemos en la actualidad, apenas tenían algunos conocimientos de neuroanatomía y la evidencia de las funciones perdidas como resultado de lesiones causadas por derrames cerebrales, golpes o heridas profundas en la cabeza.

En la actualidad podemos ver, literalmente, el interior del cerebro con métodos no invasivos, como la tomografía de emisión de positrones o la resonancia magnética nuclear.

El campo de las adicciones, como tantos otros, se ha beneficiado con esta nueva capacidad de observación produciendo imágenes de cerebros de personas bajo los efectos de las drogas o durante la abstinencia, que han

reforzado el concepto de que la adicción a los drogas es, además de muchas otras cosas, una enfermedad del cerebro.

Las drogas son sustancias químicas que modifican la percepción, las emociones o el estado de ánimo, cuyo uso puede ser motivo de abuso o adicción. El abuso se establece como el consumo de sustancias con consecuencias adversas significativas y recurrentes para el usuario, tales como el incumplimiento de obligaciones, el consumo en situaciones en que hacerlo es físicamente peligroso, o la presentación de problemas legales, sociales e interpersonales.

La adicción se diagnostica cuando hay un deterioro clínicamente significativo y se presentan tres o más de los siguientes síntomas: tolerancia, dependencia física, consumo mayor al esperado, disminución de las actividades no relacionadas con el uso de la droga, intentos infructuosos de reducir o cortar el consumo, y continuar tomando la sustancia a pesar de tener conciencia del daño que provoca.¹

Todas las drogas que producen abuso o adicción actúan sobre el Sistema Nervioso Central (SNC) y, aunque tienen diferentes blancos y mecanismos de acción, convergen en la activación de algunos núcleos específicos del cerebro. El funcionamiento del SNC es

SILVIA LORENIA CRUZ MARTÍN DEL CAMPO. Licenciada en Biología (UNAM). Doctora en Farmacología (Cinvestav). Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores, nivel II. Sus líneas de investigación incluyen los efectos y mecanismos de acción de drogas de abuso en diferentes modelos experimentales, desde el nivel celular hasta el conductual. Inició su trabajo de investigación en 1987 en el Cinvestav; y realizó una estancia posdoctoral en la Universidad de Medicina de Virginia, con una beca de los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos (1996-1997). Ha sido profesora regular de Cursos de Especialización en Adicciones y a nivel de posgrado en el Programa de Neurofarmacología y Terapéutica Experimental del

Cinvestav. En la actualidad es Investigadora Titular y jefa del Departamento de Farmacobiología del Cinvestav, Sede Sur. Su productividad incluye 30 publicaciones internacionales, cinco nacionales, siete capítulos de libros y 10 obras de difusión, así como alrededor de 90 presentaciones en congresos nacionales e internacionales. Integrante de diversas sociedades científicas: Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, Asociación Mexicana de Farmacología, National Hispanic Science Network on Addictions, College of Problems on Drug Dependence y Society for Neurosciences.

silvia@cinvestav.mx



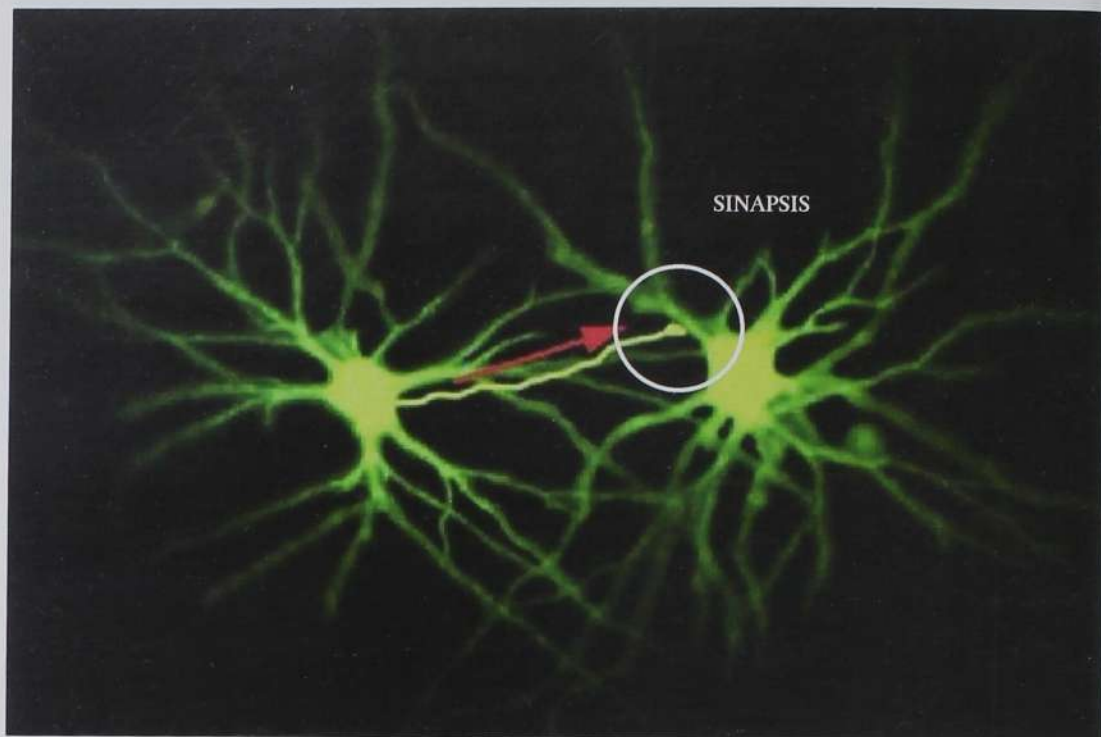


Fig. 1. La sinápsis es la comunicación neuronal.

muy eficiente para responder con rapidez a los estímulos del entorno. Las señales que se reciben a través de los sentidos se transmiten desde el lugar donde se originan hasta la médula espinal o el cerebro, y de ahí a los órganos efectores. Para ello es necesario que las neuronas, que son las células conductoras del sistema nervioso, se activen y se comuniquen a través de largas distancias (fig. 1). La comunicación entre neuronas puede ser eléctrica y química, esta última sucede cuando no hay continuidad física entre las neuronas. Para que la información fluya de una neurona a otra es necesario que se libere una sustancia química (el neurotransmisor) que inhiba o estimule a la neurona que la recibe a través de la unión a receptores específicos.

En condiciones de reposo, el neurotransmisor se encuentra almacenado en vesículas en el botón sináptico de una neurona que libera su contenido al exterior en respuesta a una estimulación. La señal producida por el mensajero químico debe ser breve para que las neuronas estén siempre disponibles para recibir nueva información. Por lo tanto, en cuanto el neurotransmisor se libera y se une a sus receptores se echan a andar mecanismos para inactivarlo. Uno de ellos es recaptarlo y regresarlo a la terminal que lo liberó para su posterior reutilización, otro es inactivarlo mediante la acción de enzimas específicas (fig. 2).

Los neurotransmisores pueden ser excitadores o inhibidores. Entre los primeros se encuentran las

catecolaminas (dopamina, adrenalina y noradrenalina), la serotonina, el glutamato y el aspartato; mientras que entre los inhibidores destacan el GABA (ácido gamma-amino-butírico) y las endorfinas. El delicado balance entre el tono excitador y el inhibidor en una compleja red neuronal permite el funcionamiento armónico del organismo.²

¿Cómo afectan las drogas al funcionamiento del cerebro?

Desde el punto de vista farmacológico se distinguen varios grupos con mecanismos diferentes de acción:

- Los estimulantes del SNC, que incluyen a la cocaína, las anfetaminas, las metanfetaminas y la nicotina.
- Los opioides, como la morfina y la heroína.
- Los depresores, que tienen como prototipo al alcohol.
- Los alucinógenos con efectos similares a la LSD, y
- los cannabinoides.³

A continuación se presenta una breve explicación de los mecanismos de acción de algunos de ellos.

Cocaína, anfetaminas y metanfetaminas

La cocaína bloquea a las moléculas encargadas de captar a las catecolaminas después de haber sido liberadas en respuesta a un estímulo. Al inhibir a estas bombas de recaptura (también llamadas "transportadores") queda una cantidad excesiva de neurotransmisor en contacto

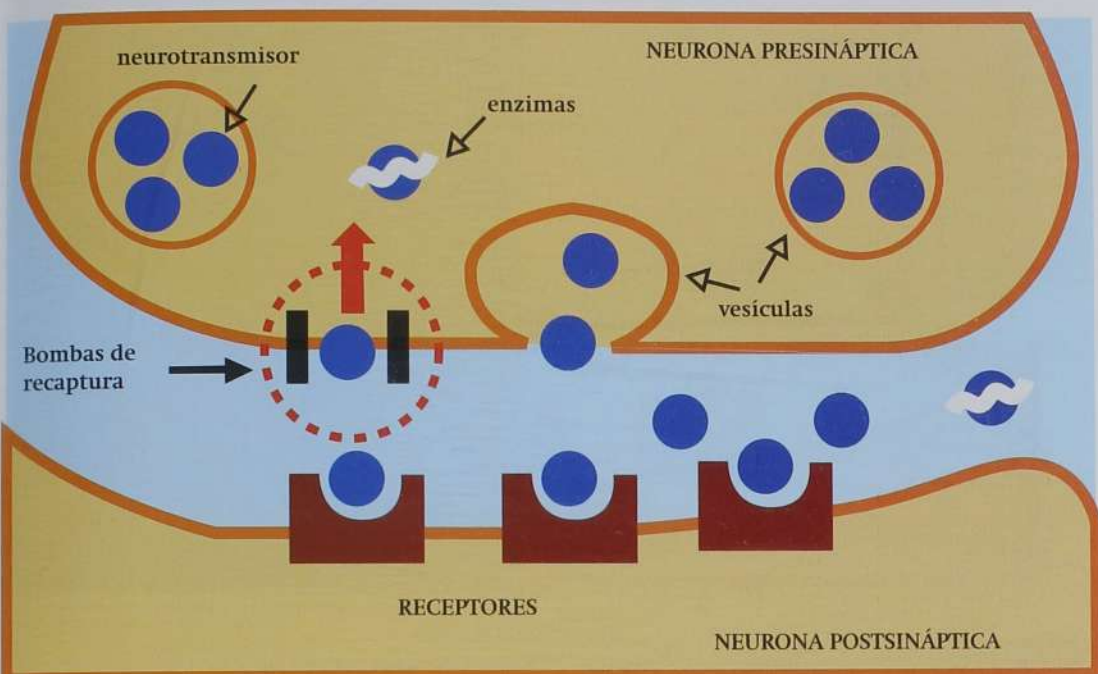


Fig. 2. La cocaína bloquea las bombas de recaptura de neurotransmisores estimulantes produciendo su acumulación.

con las neuronas adyacentes, lo cual produce una estimulación excesiva y de mayor duración que la que se alcanza en condiciones naturales (fig. 3).

Como la cocaína bloquea a los transportadores de la adrenalina, una catecolamina que se libera en las situaciones de miedo, sus efectos se parecen a lo que experimentamos frente a un peligro. La cara está pálida, las manos frías y temblorosas, la respiración agitada, el corazón late más rápidamente, la persona tiene energía para correr, no tiene hambre y no nota el cansancio. Ésta es una respuesta muy útil si la vida corre riesgo; sin embargo, cuando se produce de manera repetida y artificial por efecto de la cocaína puede producirse un infarto cardíaco, y a nivel cerebral, pequeños derrames o microembolias.

El efecto más importante de la cocaína en el cerebro es la inhibición de las bombas de recaptura de la dopamina y el consecuente exceso de este neurotransmisor en una zona del cerebro particularmente importante para la motivación. La estimulación química con dopamina de zonas que

normalmente se activan con estímulos naturales gratificantes lleva a la repetición de la conducta, así como también la estimulación artificial con cocaína. En años recientes se han obtenido imágenes cerebrales por tomografía de adictos a esta droga en las que se observa que tienen menos receptores a dopamina que las personas normales. Esto se explica porque cuando hay mucho neurotransmisor se reduce el número de receptores que pueden captarlo para así compensar el exceso de estimulación.

En ausencia de la droga la deficiencia en el número de receptores hace que haya una transmisión deficiente, lo que se asocia con un estado de ánimo deprimido, falta de capacidad de experimentar placer frente a lo que antes era grato y un deseo irresistible de volver a consumir la droga.

Los cambios son parcial y lentamente reversibles a lo largo de los meses siguientes a la suspensión del consumo de la cocaína, por lo que es la época en la que las recaídas son más frecuentes (fig. 4).⁴

La adicción se diagnostica cuando hay un deterioro clínicamente significativo y se presentan tres o más de los siguientes síntomas: tolerancia, dependencia física, mayor consumo de sustancias, disminución de las actividades normales, intentos infructuosos de disminuir su consumo, y continuar tomando la sustancia a pesar de tener conciencia del daño que provoca.

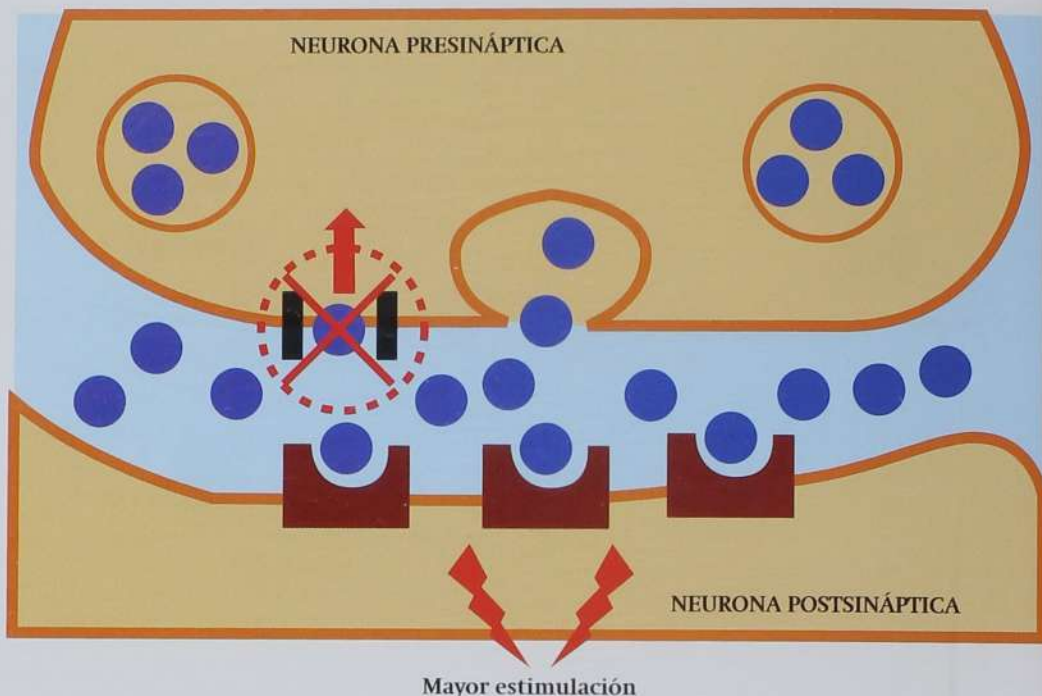


Fig. 3. El neurotransmisor una vez liberado se introduce en la neurona presináptica por la acción de las bombas de recaptura.

Las anfetaminas tienen un mecanismo de acción indirecto que también da como resultado una liberación excesiva de catecolaminas; en consecuencia, estos compuestos quitan el hambre, el sueño y el cansancio.

Dentro de este grupo, las metanfetaminas tienen características especiales. Su abuso ha aumentado recientemente con el consumo de las "tachas" o "éxtasis", que contienen metilen-dioxi-met-anfetamina (MDMA) u otras moléculas cercanamente relacionadas. A diferencia de las anfetaminas clásicas (que sólo liberan adrenalina, noradrenalina y dopamina) las "tachas" actúan fundamentalmente aumentando las concentraciones de serotonina en el sistema nervioso. Como todo neurotransmisor, la serotonina se almacena en vesículas, se libera en respuesta a un estímulo y se recoge por acción de las bombas de recaptura.

Las metanfetaminas se parecen estructuralmente a la serotonina y cuando se encuentran en la hendidura sináptica el transportador no las distingue y las recoge en su lugar. Una vez dentro de la célula se introducen en las vesículas desplazando a la serotonina de su almacén natural, produciendo así la liberación de esta última.

La figura 5 muestra la distribución de las vías serotoninérgicas en el cerebro, señalando el origen de las neuronas y las regiones adonde van. Unas tienen proyecciones hacia arriba, a la corteza, el hipocampo, la amígdala y el hipotálamo; otras van hacia abajo, a las neuronas que inervan los músculos de la mandíbula.

El éxtasis ejerce sus efectos en las regiones ricas en serotonina, que regulan funciones tales como la formación de la memoria (el hipocampo), las emociones (la amígdala), las percepciones (la corteza), el control del hambre y la temperatura corporal (el hipotálamo). El éxtasis actúa en las neuronas ricas en serotonina produciendo un aumento de las percepciones sensoriales a nivel de la corteza (las luces y los colores se vuelven más intensos, la música se percibe de otra manera, la piel se siente más suave) y una estimulación que hace que mejore el estado de ánimo y se quite el hambre. Al actuar sobre esas zonas también producen deterioro del juicio, pensamiento confuso, conductas estereotipadas (movimientos repetitivos sin ningún propósito), falta de control de la temperatura corporal y masticación involuntaria.⁵

Las metanfetaminas se usan en reuniones de muchas horas, o incluso de varios días de duración, asociadas a

Todas las drogas que producen abuso o adicción actúan sobre el Sistema Nervioso Central (SNC) y, aunque tienen diferentes blancos y mecanismos de acción, convergen en la activación de algunos núcleos específicos del cerebro.

CEREBRO DE UN EX-ADICTO A COCAÍNA

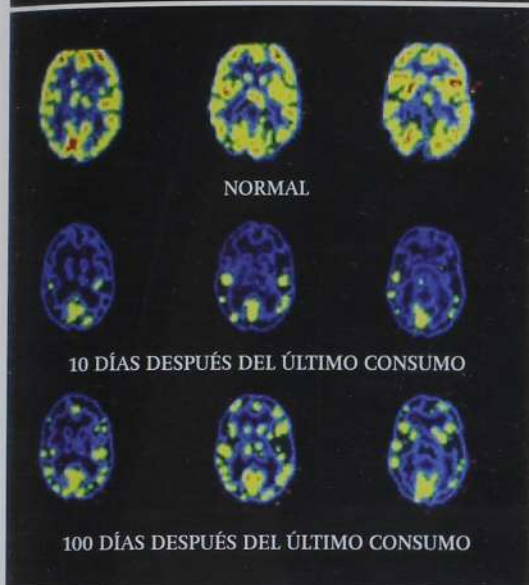


Fig. 4. El consumo de cocaína produce una disminución en el número de receptores de dopamina en zonas específicas cerebrales.

música rítmica repetitiva, y se conocen como "fiestas rave", palabra en inglés que quiere decir "delirio". La combinación de muchas horas de actividad física sin comer, sin una regulación adecuada de la temperatura y sin percibir el cansancio físico es muy peligrosa y puede conducir a un cuadro de deshidratación con fiebre, fatiga extrema, destrucción de masa muscular y falla renal. Adicionalmente, se tienen evidencias de daños en las terminales nerviosas de neuronas de serotonina que se asocian a cuadros de depresión difíciles de tratar.

La nicotina, aunque, legal, es otro estimulante potente y eficaz del SNC, con gran potencial adictivo. Esta sustancia llega al cerebro a los 10 segundos de empezar a fumar un cigarrillo, por lo que su administración por esta vía es tan eficiente como si fuera por vía intravenosa.

La nicotina produce liberación de dopamina en el cerebro porque estimula directamente a las neuronas que contienen a este neurotransmisor. Además, estimula la cadena de ganglios que se encuentra a los lados de la médula espinal, afectando con eso el funcionamiento de prácticamente todo el organismo. Por ejemplo, con respecto al sistema cardiovascular: reduce el calibre de los vasos sanguíneos más superficiales, y aumenta la presión arterial y la frecuencia cardíaca; en relación con el tracto gastrointestinal: produce aumento de la motilidad del intestino, y en relación con el sistema nervioso: produce relajación y aumenta la capacidad de poner atención.

Uno de los cambios cerebrales más evidentes en los fumadores es que tienen niveles más bajos de una

enzima que se encarga de degradar a las catecolaminas: la MAO o monoaminooxidasa. Esto repercute en que las catecolaminas se encuentren en abundancia, produciendo sus efectos estimulantes característicos. Al dejar de fumar se presenta un síndrome de abstinencia bien caracterizado que consiste en irritabilidad, mal humor, cansancio, sueño, hambre e incapacidad de concentración.⁶

Morfina y heroína

Otro grupo de drogas es el de los opiáceos, y se llaman así porque derivan del opio, que es el líquido lechoso que se obtiene de las cápsulas inmaduras de una variedad de amapola: *Papaver somniferum*.

Durante muchos años se usó el opio para quitar el dolor y alterar el estado de ánimo. En el siglo XIX se purificó el compuesto activo que se conoce como "morfina", en honor a Morfeo, el dios del sueño. Más adelante se sintetizó la heroína, que es un compuesto más potente que la morfina y que, al igual que ésta, puede crear adicción rápidamente.

Los opiáceos actúan sobre receptores que existen en el cuerpo para sustancias endógenas parecidas a las que se encuentran en el opio (fig. 5). Estas sustancias se llaman "endorfinas" y se producen en respuesta a ciertos estímulos. Por ejemplo, si una persona se golpea y siente dolor, su organismo libera endorfinas para contrarrestarlo. Al reírse, hacer un deporte o disfrutar de una buena comida también se liberan endorfinas y esto produce una sensación agradable.

Estas sustancias tienen un efecto de muy corta duración, porque se producen en el cerebro en respuesta a un estímulo y se inactivan en pocos minutos. Al liberarse se unen a los receptores localizados en el cerebro y en el resto del sistema nervioso.

La morfina y la heroína funcionan como agonistas de estos receptores (es decir, los activan), pero, a diferencia de las endorfinas, producen un efecto de larga duración (de horas, en vez de minutos), lo cual lleva a que se induzcan cambios a nivel intracelular difíciles de revertir.

Una vez que el organismo se adapta a funcionar en presencia de la morfina o heroína le resulta muy difícil hacerlo en su ausencia. Si un usuario crónico interrumpe su consumo presenta lo que se conoce como "síndrome de abstinencia", que se caracteriza, inicialmente, por síntomas parecidos a los de una gripe, escalofríos, calambres abdominales, movimiento incontrolable de las piernas, y en los casos más graves vómito, diarrea, trastornos del sueño y pérdida de peso.⁷

Alcohol y fármacos relacionados

Dentro del grupo de los depresores del SNC se encuentran algunas sustancias muy conocidas, como el alcohol, los disolventes y algunos tranquilizantes. Hay otras novedosas, como el éxtasis líquido o GHB, que a

LAS VÍAS DE LA SEROTONINA

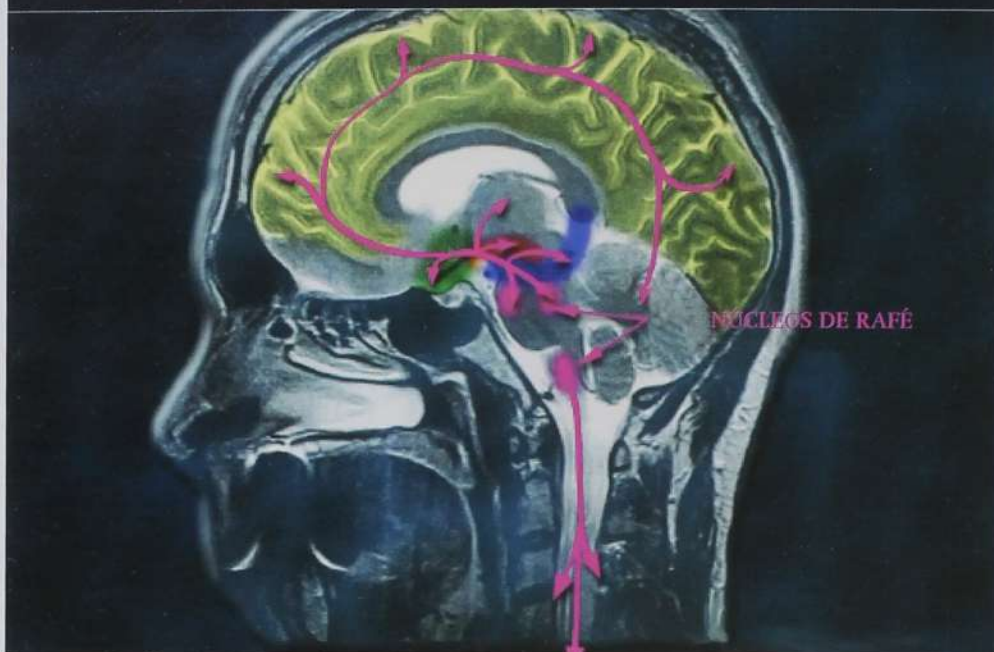


Fig. 5. Las metanfetaminas actúan sobre las vías de la serotonina.

pesar de su nombre, no tiene nada que ver con el éxtasis mencionado anteriormente. Al contrario, en lugar de ser un estimulante es un líquido incoloro y bastante insípido que se mezcla en las bebidas alcohólicas para aumentar sus efectos depresores. Quien lo toma puede caer en un sueño profundo y no recordar nada de lo ocurrido bajo sus efectos al día siguiente, lo que ha sido aprovechado por algunas personas para cometer delitos al agregarlo en bebidas alcohólicas de sus víctimas potenciales.

A pesar de que son sustancias diferentes, todos los depresores del SNC tienen efectos similares. Producen un estado muy parecido a una borrachera: primero se presenta una aparente estimulación, seguida de una depresión más persistente, después hay problemas de coordinación, lenguaje desarticulado y pérdida del equilibrio, más adelante se presenta un estado de estupor, coma, y en casos extremos de muerte. Normalmente esto no sucede porque la gente se queda dormida antes que pueda hacerse más daño.

La principal diferencia entre el alcohol y los disolventes es la potencia. Los disolventes son mucho más potentes que el alcohol, y además son muy volátiles, lo que significa que se evaporan a temperatura ambiente, por lo que basta inhalar una pequeña cantidad para tener el mismo efecto que se obtendría con varias copas de alcohol.

Se ha demostrado que los disolventes producen daño neuronal que se manifiesta como pérdida de audición, de la vista y de otros efectos diversos, dependiendo de la sustancia. Por ejemplo, el benceno afecta la producción de células sanguíneas, el tolueno produce pérdida de la memoria y al igual que el benceno y el 1,1,1-tricloroetano produce muerte súbita en algunos casos.

En general, los depresores alteran el equilibrio entre los neurotransmisores del sistema nervioso porque favorecen la transmisión inhibitoria y disminuyen la información excitadora. Los efectos dependen de la cantidad de sustancia ingerida. Por ejemplo, con el alcohol los primeros efectos que se manifiestan son una aparente estimulación dada por la inhibición de áreas de la corteza cerebral, que normalmente tienen funciones inhibitorias, lo cual es equivalente a quitar un freno. Con mayor cantidad de alcohol la depresión llega al cerebelo y hay pérdida del equilibrio, dificultades para hablar claramente y deterioro de la coordinación motora. Cuando la inhibición llega al cerebro medio se afectan los reflejos espinales y la regulación de la temperatura. Finalmente, concentraciones muy altas deprimen centros vitales localizados en el tallo cerebral.⁸

Las informaciones recientes de epidemiología indican que las mujeres están igualando a los hombres en la cantidad y los patrones de consumo del alcohol. Es importante saber que la mujer se emborracha con



Fig. 6. *Amanita muscaria*, un hongo alucinógeno tóxico.

menor cantidad que el hombre, porque el alcohol se distribuye en los líquidos del cuerpo. Una mujer del mismo peso y tamaño que un hombre tiene menor volumen de líquidos, porque proporcionalmente tiene más grasa, y esto hace que el alcohol se encuentre más concentrado en ella.

Además, existen datos epidemiológicos y clínicos que indican que el tiempo que tarda en desarrollar alcoholismo una mujer es aproximadamente la mitad del que tarda un hombre, y tiene mayor probabilidad de desarrollar daño hepático.

El consumo creciente de alcohol en la mujer indica que es importante difundir los riesgos de beber durante el embarazo. El alcohol atraviesa la barrera placentaria y llega al bebé alterando su desarrollo intrauterino. Mientras más alta es la exposición al alcohol, y más tempranamente se inicia en el embarazo, mayores son sus consecuencias negativas. Se reconocen varios grados de "Síndrome alcohólico fetal" en los niños de madres

que abusaron frecuentemente del alcohol durante el embarazo. Este síndrome se caracteriza por la presentación de diversos grados de retraso mental, un menor desarrollo cerebral y algunos rasgos faciales característicos como, por ejemplo, cara aplanada, labio superior delgado, ojos separados, pliegue del párpado corto, nariz ancha y ausencia del pliegue que se encuentra encima del labio superior de la boca.

Alucinógenos

De acuerdo con una definición generalmente aceptada, los alucinógenos son sustancias que a dosis no tóxicas producen cambios en la percepción, en los pensamientos y en el estado de ánimo, pero que raramente producen confusión mental, pérdida de la memoria o desorientación de la persona en el espacio y el tiempo.⁹

El grupo de los alucinógenos abarca muchas sustancias con efectos diferentes; sin embargo, lo que

El éxtasis ejerce sus efectos en las regiones ricas en serotonina, que regulan funciones tales como la formación de la memoria (el hipocampo), las emociones (la amígdala), las percepciones (la corteza), el control del hambre y la temperatura corporal (el hipotálamo).

tienen en común es que a dosis bajas producen alteraciones perceptuales características, como "escuchar los colores" o "ver la música".

Pueden distinguirse tres grupos principales:

- a) El de la LSD (dietilamida del ácido lisérgico) y compuestos relacionados, entre los que se encuentran la sustancia activa del peyote (mescalina) y la de los hongos alucinógenos (psilocibina).
- b) El de los anestésicos disociativos, como la ketamina.
- c) El de los cannabinoides. Por sus características particulares este grupo generalmente se trata aparte, pero es indudable que las dosis altas de los cannabinoides tienen efectos alucinógenos.

La LSD es una de las sustancias psicoactivas más potentes que existen. Esto quiere decir que se necesitan cantidades extremadamente bajas para producir sus efectos, por lo que suele disolverse en agua y con la solución resultante se impregnan papeles (conocidos como "papelitos" o "blotters") o chochos ("micropuntos" o "microdots") que luego se masean o chupan.

La psilocibina y la mescalina son menos potentes por lo que se consumen en mayores cantidades, ya sea comiendo hongos completos (generalmente ahumados, por lo que los llaman "humos") o varios lóbulos del peyote, que es una cactácea de uso ceremonial entre los huicholes y otras comunidades indígenas.

Los compuestos activos de este grupo se parecen a la serotonina y actúan sobre algunos de sus receptores específicos (fig. 7). Sus efectos son impredecibles y pueden ser muy desagradables, conocidos como "mal viaje". Estos compuestos no causan la muerte porque no actúan sobre centros vitales, pero pueden ser peligrosos por la sensación de pánico que acompaña a algunas experiencias y por la presentación de reacciones violentas impredecibles.

Un efecto único de los alucinógenos del tipo LSD es que los consumidores pueden experimentar remembranzas vívidas ("flashbacks") de sus efectos mucho tiempo después de haberlas consumido, cuando ya no es posible que estén presentes en el organismo. Se desconoce el mecanismo por el que ocurren y son impredecibles.

Otro grupo de alucinógenos es el de los anestésicos disociativos, que incluye al "polvo de ángel" (fenciclidina o PCP) y a la ketamina. Ambos compuestos surgieron como anestésicos que no producen depresión respiratoria sino disociación del entorno, pero por sus efectos adversos el PCP fue retirado de la clínica y el uso de la ketamina es fundamentalmente veterinario. Ambos producen alucinaciones con efectos impredecibles y los usuarios pueden pasar de un estado comatoso a uno violento y viceversa.

Muchas plantas con efectos tóxicos, que ponen en peligro la vida, también tienen efectos alucinógenos, como el hongo *Amanita muscaria*, que es el hongo de tallo blanco y sombrerete rojo con puntos blancos, o la

COMPUESTOS ACTIVOS DE ALGUNOS ALUCINÓGENOS Y SU COMPARACIÓN CON LA SEROTONINA

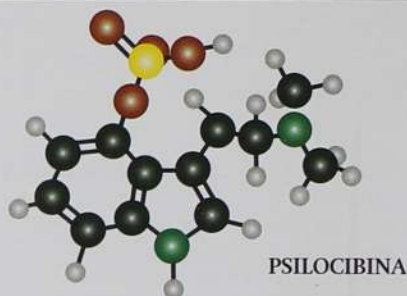
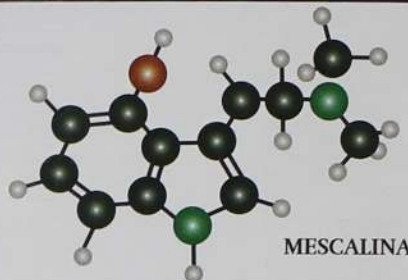


Fig. 7. Compuestos activos de algunos alucinógenos y su comparación con la serotonina.

belladona. Ambas contienen sustancias capaces de producir la muerte por intoxicación atropínica, que consiste en dilatación pupilar, boca seca, pérdida gradual del conocimiento y depresión respiratoria.

Cannabinoides

Los derivados de la planta conocida comúnmente como "mariguana" o "marihuana" se llaman "cannabinoides", porque el nombre científico de la planta es *Cannabis sativa*.

Existen muchas preparaciones que varían en potencia y pureza, pero el principal compuesto activo, tanto de la mariguana como del hashish o el aceite de Cannabis, es el delta-9-THC. Este cannabinoide actúa en receptores específicos ampliamente distribuidos en el cerebro de los humanos (fig. 8).

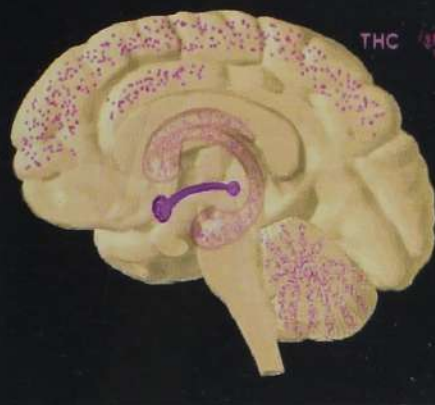


Fig. 8. Sitios de unión a cannabinoides.

La historia es parecida a la de los opioides, ya que existen endocannabinoides que regulan algunos procesos fisiológicos en el humano, pero que se producen sólo en respuesta a un estímulo específico y tienen efectos de muy corta duración.

El uso frecuente de la marihuana puede derivar en el llamado "síndrome amotivacional", que consiste en falta de interés por las cosas que antes producían placer, descuido personal, falta de iniciativa y desgan. Otros problemas asociados al consumo crónico de marihuana son problemas pulmonares del tipo de los que se presentan con el cigarro, alteraciones hormonales y pérdida de la memoria.¹⁰

Conclusiones

El punto donde convergen las drogas que producen adicción es en la liberación de dopamina. Los estimulantes del SNC lo hacen directamente porque provocan la liberación de neurotransmisores excitadores, entre ellos la dopamina. Los inhibidores lo hacen indirectamente porque inhiben a neuronas inhibitorias, que normalmente evitan la liberación de dopamina. El exceso de este neurotransmisor modifica el funcionamiento de algunas zonas del cerebro que se adaptan para evitar la sobreestimulación. Además, se producen cambios a nivel intracelular porque la dopamina activa factores de transcripción que promueven la síntesis de proteínas, algunas de las cuales se expresan de manera transitoria y otras son más persistentes en el cerebro de los consumidores.¹¹

El sistema de opioides endógenos también se altera por el consumo de varias drogas de abuso, por lo que se ha convertido en un blanco para el tratamiento farmacológico de algunas adicciones. Un ejemplo es el uso de la naltrexona, un antagonista (o bloqueador) de los receptores opioides para ayudar a evitar recaídas en los alcohólicos en rehabilitación.

Los cambios en los niveles de intercambio de información química producidos por las alteraciones en los niveles de dopamina y de endorfinas, así como por los cambios a corto y a largo plazo en la síntesis de proteínas, hacen que el cerebro de un adicto funcione de manera diferente.

Las drogas afectan el delicado equilibrio que el sistema nervioso mantiene en el interior del organismo y con el medio que lo rodea; restablecerlo, cuando es posible, no es tarea fácil. ●

[Agradecimientos]

Este artículo fue parcialmente apoyado por el donativo Conacyt 43604-M. Las figuras 1, 4, 5 y 8 se tomaron de las series de diapositivas para enseñanza elaboradas por el "National Institute on Drug Abuse". Disponibles en: <http://www.drugabuse.gov/pubs/teaching>
La figura 2 se tomó de un estudio realizado por la Dra. Nora Volkow en el "Brookhaven National Laboratory" de Nueva York. Disponible en: www.thomahdnlund.com

[Referencias]

- Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, IV edición (DSM-IV). Masson, Barcelona, 1995.
- Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Katz LC, LaMantia AS, McNamara JO. *Invitación a la Neurociencia*. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, 2004.
- Cruz SL. "Efectos y mecanismos de acción de las drogas de abuso". En: *Las adicciones: dimensión, impacto y perspectivas*. Editorial El Manual Moderno, México, 2001.
- National Institute on Drug Abuse. Serie de Reportes de Investigación-La cocaína: abuso y adicción. Disponible en: <http://www.drugabuse.gov/ResearchReports/cocaina/Cocaina2.html>
- National Institute on Drug Abuse. The Neurobiology of Ecstasy (MDMA). Serie NIDA Teaching Packets. Disponible en: <http://www.drugabuse.gov/pubs/teaching/teaching4/teaching.html>
- Mayor información sobre los efectos del tabaquismo y su tratamiento. Disponible en: <http://www.grupoaullamedica.com/aula/saludmental2011.pdf>
- Booth M. *Opium: A history*. Pocket Books, Simon y Shuster, 1997.
- Franklin JE, y RJ Frances. "Trastornos por consumo de alcohol y de otras sustancias psicoactivas". En: Hales RE, Yudofsky SC, y JA Talbott. *DSM-IV Tratado de Psiquiatría*. The American Psychiatric Press, 3ª. ed., 2001.
- Hoffer A, y H Osmond. *The Hallucinogens*. Academic Press, Nueva York, 1969.
- Contreras CM, Gutiérrez-García AG, Saavedra M, Bernal-Morales B, Rodríguez-Landa JF, y M Hernández-Lozano. "Efectos adversos y paliativos de los cannabinoides". *Salud Mental* 2003; 26: 62-75.
- Volkow ND, Fowler JS, y GJ Wang GJ. "The addicted brain: insights from imaging studies". *J Clin Invest* 2003; 111: 1444-1451.

Historia y conflicto institucional

Aspectos teórico-metodológicos

LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS HAN PROTAGONIZADO LUCHAS SOCIALES DECISIVAS EN LA HISTORIA DEL PAÍS; SIN EMBARGO, EN COMPARACIÓN CON OTROS MOVIMIENTOS HAN SIDO POCO ESTUDIADOS (CON EXCEPCIÓN DEL DE 1968). ESTO SE DEBE, EN BUENA MEDIDA, A LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LOS MOVIMIENTOS Y AL MARCADO SESGO ANECDÓTICO Y SUPERFICIAL QUE SUELE IMPOSERSE SOBRE UNA REFLEXIÓN MÁS SISTEMÁTICA Y CONSISTENTE DE LAS MOVILIZACIONES ESTUDIANTILES.

Antonio Gómez Nashiki

Pinturas: Saúl Villa

1. El problema

El problema de investigación que se desarrolla en este trabajo¹ se centra en el análisis de los movimientos estudiantiles que surgieron en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), durante un periodo de diez años (1956-1966), con la finalidad de explicar las características de esos movimientos y sus repercusiones en la vida estatal y nacional, desde un enfoque sociopolítico e historiográfico.

Los estudiantes universitarios han protagonizado luchas sociales decisivas en la historia del país;² sin embargo, en comparación con otros movimientos han sido poco estudiados (con excepción del de 1968). Esto se debe, en buena medida, a las características propias de dichos movimientos, entre otras, la discontinuidad entre una y otra movilización, la transitoriedad de los participantes, los fines gremiales de sus demandas, lo que causa la imposibilidad de ser analizado sistemáticamente. Es oportuno señalar, además, el marcado sesgo anecdótico y superficial que suele imponerse sobre una reflexión más sistemática y consistente de las movilizaciones estudiantiles.

Los campos en que se inscribe el objeto están en función de la perspectiva y el tratamiento que se eligieron para poder explicarlo. Por esta razón, la investigación identifica en primera instancia a *lo político*,³ en tanto que reconoce poder en las relaciones sociales basadas en un carácter asimétrico, desigual y diferenciado.⁴ La concurrencia desigual, individual o colectiva, con proposiciones y prácticas dispuestas en relación a tipos de organización de las relaciones sociales, en un campo caracterizado por las relaciones asimétricas, desiguales y diferenciadas convierte a dicho campo en un espacio de disputa.⁵

En cuanto a lo sociológico, se buscó una perspectiva metodológica que estableciera un vínculo con lo histórico. Por esta razón, se eligió como referente el aporte de Norbert Elías, que propone un enlace natural entre ambas disciplinas: "La tarea de la sociología es precisamente destacar aquello que en los [...] estudios históricos aparece como un trasfondo inestructurado, y hacerlo accesible a la investigación científica como una relación estructurada de individuos y de sus acciones".⁶ Una concepción de la sociología que intenta hacer más

ANTONIO GÓMEZ NASHIKI Doctor en Ciencias con especialidad en investigaciones educativas, Cinvestav, 2003. Profesor investigador en la Facultad de Pedagogía de la Universidad de Colima. Miembro del Consejo Editorial de la revista *Educación 2001* y de *Observatorio Ciudadano de la Educación*. Los temas de

investigación que desarrolla están referidos a la vida cotidiana de las instituciones educativas: gestión, conflicto y violencia. Actualmente coordina el Doctorado en Educación de la Universidad de Colima. gnashiki@ucol.mx

En la institución coinciden acciones encabezadas por estudiantes que muestran el dinamismo de distintos grupos juveniles, agrupados en varios movimientos, organizaciones y facciones que persiguen demandas institucionales, utilizando diferentes mecanismos de presión: huelgas, paros, manifestaciones, mítines, etcétera.



Recámara (2005), óleo sobre madera, 80 x 125 cm.

transparentes los entramados de las relaciones que se establecen entre los individuos en una época determinada y que persigue explicar el por qué de esas interrelaciones para procurarnos un fondo fiable de saber acerca de ellas.

Desde el punto de vista historiográfico se entiende, de acuerdo con De Certeau, que la palabra "historia" en el sentido de una historiografía, es decir, una práctica (una disciplina), su resultado (un discurso) y de la relación entre ellos⁷ hace posible la interpretación de un hecho histórico.

Características

Al iniciar el presente estudio se establecieron algunas vertientes de indagación, producto de los cambios que registró el movimiento estudiantil, la institución

universitaria y la política educativa posterior al cardenismo, aspectos que tuvieron repercusiones directas en la década analizada, y que sirvieron como referentes para delimitar el problema. Entre las más importantes se consideraron las siguientes:

Movimiento estudiantil

Características del movimiento estudiantil y de las organizaciones juveniles que se mantienen a lo largo de la década.

- La universidad michoacana, durante la gestión de Lázaro Cárdenas como gobernador del estado y después como presidente de la República, fomentó y apoyó a varias organizaciones estudiantiles y grupos universitarios que se consolidaron como estructuras permanentes de organización política y que jugaron



Francotirador III (2005), óleo sobre madera, 60 x 90 cm.

un papel fundamental en todas las decisiones internas de la universidad.

- En la institución coinciden acciones encabezadas por estudiantes que muestran el dinamismo de distintos grupos juveniles, agrupados en varios movimientos, organizaciones y facciones que persiguen demandas institucionales, utilizando diferentes mecanismos de presión: huelgas, paros, manifestaciones, mitines, etcétera.
- Tanto en los docentes como en los alumnos se presenta una diferencia sustancial determinada por su lugar de procedencia y trayectoria cultural (nuevas identidades), así como una diferencia significativa entre la universidad tradicional y la nueva institución que se resignifica y cambia, vía la participación y las demandas de los nuevos sujetos y sus prácticas. Este tipo de situaciones han sido analizadas en el caso de la Universidad Autónoma de Zacatecas y para el mismo periodo por Eduardo Remedi.⁸

A partir de esta nueva "composición" universitaria, los sujetos involucrados en la universidad se vinculan de diferente manera a la dinámica social presentada en la institución y el estado: tomas de tierras, protestas en contra

del alza de tarifas en el transporte, mayor participación en los órganos de gobierno, mejores condiciones laborales y salariales de los maestros, entre otros aspectos. Estas dinámicas presentan coincidencias muy interesantes en el caso de la Universidad Autónoma de Zacatecas (véase Eduardo Remedi, *op. cit.*).

Institución

La institución universitaria, lugar de gestación y desarrollo de los movimientos estudiantiles.

- La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, al igual que la mayoría de las universidades del país, además de ser una institución educativa es un centro político, de ahí la constante agitación que se vive a lo largo del periodo de estudio, manifestado en distintos momentos clave o coyunturas específicas, protagonizadas por distintos grupos.
- La historia de la universidad durante la década de estudio se vive en un enfrentamiento permanente entre dos grupos que en distintos momentos se disputan el poder a nivel local y los espacios de la institución: los grupos de filiación o simpatía cardenista y los grupos anticardenistas.

En el lugar de intersección de los tres espacios antes mencionados se ubica la huelga y movilización estudiantil: el espacio de disputa que implica cuestionar desigualdades, capacidades y recursos, a través de procesos de oposición, resistencia, o bien de integración a las formas de organización de las relaciones sociales con el fin de imponer un criterio ordenador sobre dichas formas.

- Hasta mediados de la década de 1950 uno de los sectores con mayor participación e influencia en la universidad es el de los docentes militantes del PPS, maestros que tendrían una participación decisiva en la década posterior.
- Las universidades del país en esta década presentan fenómenos de crecimiento y expansión. Al duplicarse el número de carreras se produce un aumento de la planta docente y de la matrícula con características diferenciadas. No sólo se presenta un mayor número de individuos, sino que se modifican las antiguas condiciones, así como los contextos en que se relacionan los sujetos, en una situación de transición en que las viejas estructuras administrativas y académicas no se modifican del todo y las nuevas no se consolidan plenamente.⁹
- Los sectores tradicionales y nuevos de la institución pelean espacios y decisiones, producto de concepciones y estilos diferentes de dirigir la universidad, situación que se acentúa a raíz de la expansión de finales de los años cincuenta.

Política educativa

Las relaciones que se establecen entre los estudiantes y la institución con el poder público, vía los gobernadores, en un contexto de política educativa que abandona progresivamente el proyecto educativo popular del cardenismo.

- El proyecto cardenista se fundamentaba en un sistema promocional basado en escuelas asistenciales para hijos de trabajadores, que tenía como referente directo la formación de la escuela rural.
- Se tomó como modelo de desarrollo de educación superior a la UNAM, dejando de lado aquellas instituciones que se definieron en torno al proyecto educativo popular enarbolado por el cardenismo, como fue el caso de la Universidad de Michoacán.

El lugar de encuentro, la huelga estudiantil

En el lugar de intersección de los tres espacios antes mencionados se ubica la huelga y movilización estudiantil: el espacio de disputa que implica cuestionar las desigualdades, capacidades y recursos, a través de procesos de oposición, resistencia, o bien de integración a las formas de organización de las relaciones sociales con el fin de imponer un criterio ordenador sobre dichas formas.

La huelga detona una forma de organización social con principios y prácticas de realización conjunta. Los movimientos estudiantiles involucrados se constituyen en la práctica, y como tales, no están determinados

apriorísticamente, sino que se conforman a través de procesos que estructuran un cierto tipo de organización de las relaciones sociales y de poder.¹⁰ De esta forma, se constituyen en una fuerza colectiva que surge por la concurrencia articulada de las prácticas de los individuos por encima del ordenamiento político de las relaciones sociales en una coyuntura determinada.¹¹

Se parte de un principio básico, el de que es posible reconstruir momentos en los que las fuerzas políticas estudiantiles se expresan en sentidos determinados y se vinculan entre sí y con las instancias de poder inmediatas y mediatas a ellos, poniendo en juego ciertas relaciones y ejercicio de poder, que pueden revisarse a través de los mecanismos y discursos evidentes en cada paso del análisis.

Se privilegiaron como momentos determinantes los siguientes puntos que se problematizan a lo largo de todo el trabajo:

- La constitución de los movimientos estudiantiles en la institución.
- La relación de fuerzas entre grupos estudiantiles, docentes y extrainstitucionales en la universidad
- La relación de poder entre el movimiento estudiantil y el gobierno del estado.

Se pone especial énfasis en aquellas situaciones en que se presentan como conflictos propiamente políticos,¹² por ser en ellos donde se muestran de manera más clara las relaciones que queremos evidenciar con mayor detalle. Diferenciamos aquellos conflictos políticos que se expresan en las huelgas estudiantiles, de aquéllos que se dirimen cotidianamente y que son consustanciales a las correlaciones de fuerza que se establecen dentro de la institución y entre sus miembros.

El campo de disputa elegido por el análisis en nuestro trabajo adquiere la forma de huelga estudiantil como referente y catalizador de las acciones colectivas que encabeza el movimiento. La huelga es un mecanismo privilegiado por los estudiantes que impulsa una forma de organización social con principios y prácticas de realización conjunta, y en la que se ponen en juego desiguales recursos de poder, procesos de oposición, resistencia y negociación para conseguir las demandas. Es la puesta en práctica de la habilidad en el uso de las artimañas para vencer al fuerte, como la presencia anónima del poder, y la sensibilidad para recrear redes intersubjetivas paralelas a los grandes poderes.¹³ De acuerdo con el seguimiento histórico establecido, el contenido de estas prácticas es cambiante y está

En la búsqueda de sentido, la investigación sociológica se propone como una herramienta más para el análisis que considera como principio fundamental el respeto a la época, a las valoraciones políticas, religiosas o ideológicas de su propio tiempo, "las específicas escalas axiológicas de las asociaciones humanas que se estudian".

determinado por la confluencia e interacción de recursos, discursos y mecanismos que contribuyen a dotar de características propias a las formas del ejercicio del poder.

Por otra parte, el seguimiento de cuatro huelgas estudiantiles pone de manifiesto las distintas formas del ejercicio del poder, puestas en acción por los estudiantes y la parte gubernamental, que se estructuran en torno a la resolución del conflicto de fuerzas en el campo político. La solución que adopta el conflicto se da en un *continuum* que oscila entre el consenso y la fuerza. Dentro de estas formas del ejercicio del poder es posible distinguir aquellas que implican en mayor medida el establecimiento de puntos de relación, vínculos o nexos que contribuyen a constituir pautas de identificación o de reconocimiento entre los diversos sujetos políticos, individuales y colectivos, de aquellas que privilegian preferentemente el uso de la fuerza como único recurso.

2. Narrar el pasado cuando era presente

*Prima condizione per avere storia
è che sia possibile costruire una narrazione.*

B. Croce

Cómo escribir. Desde dónde y con qué estilo aproximarse a lo acontecido de forma que los datos no se presentaran en un tono aburrido, plano, al puro estilo de un informe de investigación. Tratar de dar cuenta de lo acontecido en una institución obliga a trabajar con múltiples episodios, escenas y relatos, que van más allá de sólo describirlos en una forma lineal, pues de lo que se trata es de "darles vida" y poner en juego los variados elementos que rodean a los sujetos involucrados en el relato. Narrar en este sentido es organizar el caos de información disponible y ofrecerla de una manera legible y razonada.

La descripción densa¹⁴ como herramienta de investigación hizo posible y dio orientaciones precisas para encontrar el camino. Algunos historiadores recomiendan profundizar en el ambiente de la época investigada para ofrecerlo con mayores elementos. Escribir sobre y con los hechos a cuestas es lo recomendado por autores como Ginzburg, porque de no hacerlo así sólo se muestra una historia ajena, sin pasión y por tanto poco profunda.¹⁵ Describir una calle, un salón, un personaje, implica contar cómo eran con el mayor detalle posible, es explicar(nos) como eran los

acontecimientos para después escribir sobre ellos. No es encontrar simplemente el dato que demuestre la existencia de un personaje, sino buscar las fobias, miedos y actos que pudieron influir de manera central en su quehacer. Muchos de los referentes bibliográficos encontrados consignaban características de los hechos y personajes por separado, una ayuda que establecía su existencia, pero no su sentido. En esta parte la narrativa ayuda mucho, porque posibilita la búsqueda del sentido de los protagonistas. Por otro lado, el estilo historiográfico permite incorporar varias voces en un relato, diferencia significativa si se toma en cuenta la producción historiográfica de la universidad y de los referentes encontrados, donde se impone una sola voz narrativa que explica mediante aseveraciones tajantes, y muchas veces aventuradas, lo acontecido en la institución.

Explicar lo acontecido durante la década de 1956 a 1966 en la Universidad de Michoacán es un esfuerzo que intenta convertir el pasado en un problema del presente.¹⁶ Esto es, mostrar desde un principio a los personajes involucrados en este periodo como sujetos portadores de creatividad, imaginación, incertidumbre, convicción, miedo, entre otras actitudes, que fueron consustanciales a aquel pasado cuando era presente. La perspectiva en que se inscribe este trabajo reconoce los dos extremos entre los que se aproxima el historiador a su trabajo, enunciados por Croce¹⁷ en su concepción de historia. Por un lado, en su clasificación de "seudohistorias" señalaba que el primer acercamiento a los documentos lleva al historiador a narrar "lo realmente acontecido", respetando las fuentes al extremo, bajo la consigna rankiana,¹⁸ de que todo se encuentra atrapado en ellas y que el historiador tiene como tarea suprema y exclusiva, hacer emerger la narración contenida en las mismas: es un trabajo que se caracteriza por el estricto apego a las fuentes bajo la directriz de buscar la "objetividad" de los acontecimientos. Ser "objetivo"¹⁹ y tratar de suspender los juicios y valoraciones de la historia sin apasionamientos.²⁰ Es la primera fase del trabajo historiográfico que deriva, por lo regular, en la realización de distintas crónicas, *historia* que Croce denomina "filológica".²¹ El segundo momento de aproximación es el que se refiere a la interpretación de las fuentes, es decir, la denominada historia "poética". Tránsito crucial en que se requiere de los textos y de los datos como materia prima, pero ya no sólo para describirlos, sino para dotarlos de coherencia y



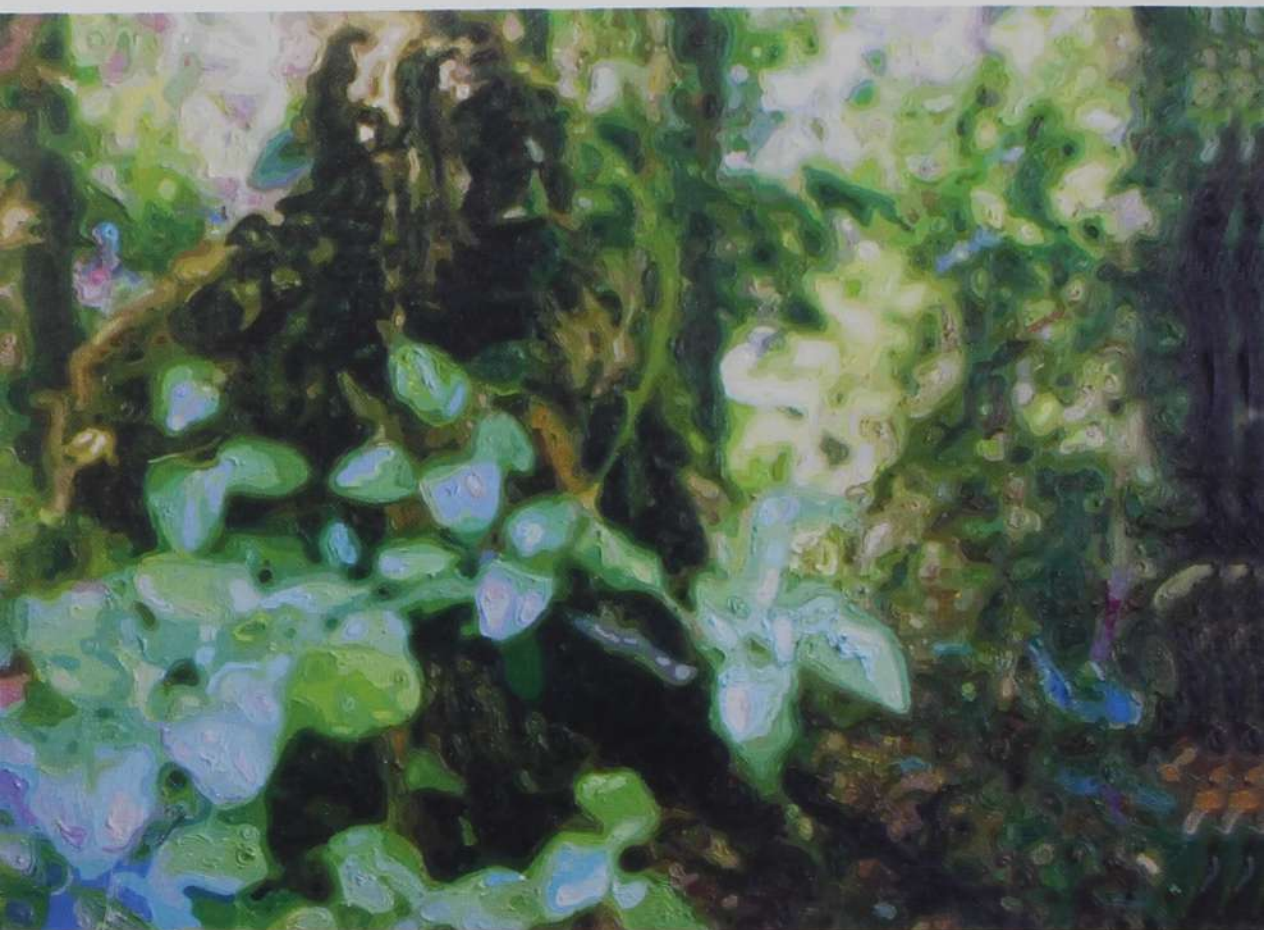
Francotirador II (2005), óleo sobre tela, 130 x 180 cm.

belleza,²¹ proponerlos en un mundo figurado, imaginando cómo pudo haber sido ese pasado. Es intentar un ejercicio de imaginación, diría Duby, para: "[...] llenar esas lagunas, estos intersticios, de tender puentes y rellenar las fallas, este no dicho, este silencio [...]"²². Es precisamente en este punto en el que se perfila nuestro trabajo: donde la descripción de lo acontecido se complementa con la figuración de lo posible, de la interpretación propia, momento en el que como señala Croce se encuentra la verdadera historia.

A primera vista, la historia de la institución aparece como un campo en el que se dirimen distintas batallas sin ton ni son, y esto es así porque los hechos históricos no se presentan en forma discernible como un relato. Es decir, de manera secuencial, con inicio, medio y fin, como lo

señala White. Por esta razón, la tarea del investigador se centra en darles forma al momento de narrarlos.²³

La primera aproximación a la universidad se centró en saber cuándo y cómo se habían producido las distintas huelgas y manifestaciones. Sin embargo, el ejercicio de ordenar los acontecimientos, de manera secuencial y cronológica, no bastaron para "producir historia",²⁴ porque de lo que se trató fue de descubrir el sentido que guardaban esos acontecimientos aparentemente contradictorios o carentes de sentido, y que debe surgir de los documentos, a manera de explicaciones que se verifiquen en ellos. Este "dar forma a los hechos", o elaborar una explicación, es algo mucho más complejo que simplemente unir los acontecimientos entre sí: "unir los puntos nodales en una red única y coherente",²⁵



Francotirador VI (2006), óleo sobre madera, 90 x 130 cm.

como diría Collingwood, porque no se pensaba en buscar los vacíos y llenar los huecos²⁶ de una historia que está llena de omisiones sobre ciertos personajes y sucesos. La acción misma de narrar²⁷ los sucesos en la universidad estuvo en todo momento guiada por la de dotar de significado a los acontecimientos, utilizar el "efecto de la narrativa",²⁸ ya que sólo a través de una *presentación narrativa* es posible decir que los hechos o fenómenos históricos "comiencen y concluyan" en determinado momento y forma.²⁹

Estructurar una serie disímbola de acontecimientos es poner en tensión una cadena sucesiva de interpretaciones, de suposiciones, que surgen al momento de interpelar a los sucesos para, por medio de la narración histórica, "extraer"³⁰ de ellos la trama, el elemento que permite distinguir la forma específica de una narración:

Se llama "explicación" por la trama a la que da el "significado" de un relato mediante la identificación del tipo de relato que se ha narrado. Si en el curso de la narración de su relato el historiador le da la estructura de trama a una tragedia, lo ha "explicado" de una manera; si lo ha estructurado como una comedia lo ha "explicado" de otra. El

tramado es la manera en que una secuencia de sucesos organizada en un relato se revela de manera gradual como un relato de cierto tipo particular.³¹

El trabajo historiográfico estableció nexos entre los distintos acontecimientos, a partir de los "restos fragmentarios" disponibles como son las fuentes, con la finalidad de "reconstruir las relaciones entre los acontecimientos".³² En otras palabras, los acontecimientos fueron los eslabones de una cadena, como lo señala Kahler en su concepción de historia:

Para volverse historia los acontecimientos deben ante todo estar relacionados entre sí, formar una cadena, un continuo flujo. La continuidad, la coherencia, es el requisito previo elemental de la historia –y no sólo de la historia sino hasta del más sencillo relato o "historia" (*story*).³³

Seguir un *continuum* para otorgar a los hechos y acontecimientos un sentido explicativo, asumiendo que la narración de este tipo debería tener, ante todo, un carácter significativo, aspecto principal que cumple la narrativa histórica, en la medida de que dota a la realidad de la coherencia formal que poseen los relatos y le otorga sentido a un episodio o a una época.³⁴

Comprender una época es unir un cúmulo de experiencias y acciones en un todo coherente; es un intento por convertir lo caótico y lo incoherente en una figura unitaria, capaz de dar cuenta del momento estudiado en todas sus dimensiones y no agotarse en ninguno.

Narrativa histórica

El género narrativo conlleva, necesariamente, un estilo de escritura. Una forma de decir y contar lo que otros dijeron en diversos momentos, a través de una intención que permita armonizar el cúmulo de voces y de interpretaciones que se ciernen sobre los hechos. La tarea de armonizar discursos adquiere sentido sólo en el momento en que el discurso de quien los investiga se traduce en texto escrito.³⁵ En otras palabras, da un *sentido coherente* para traspasar la frontera de "lo dado y lo creado".³⁶ En la búsqueda de sentido, la investigación sociológica se propone como una herramienta más para el análisis que considera como principio fundamental el respeto a la época, a las valoraciones políticas, religiosas o ideológicas de su propio tiempo "las específicas escalas axiológicas de las asociaciones humanas que se estudian".³⁷ Pero también la importancia de los acontecimientos se relaciona centralmente con dos vertientes: la primera tiene que ver con que el pasado que se investiga es un espacio que se abre y descubre a los estudiantes que no fueron identificados como líderes, pero que contribuyeron significativamente a consolidar el movimiento estudiantil, y que han quedado borrados, perdidos, aunque en este trabajo no se les considera inferiores; la segunda vertiente la protagonizan aquéllos que tienen un lugar en el gran escenario, el de los líderes y nombres famosos, puestos y referidos en sucesos recordados por todos.³⁸

El tratamiento de los diversos acontecimientos que aborda el trabajo historiográfico reconoce que el hilo narrativo se tensa, indistintamente, en dos extremos que se ponen en juego en la construcción del relato: la narración de tipo descriptiva y la narración densa,³⁹ que aparece en los momentos disruptivos, privilegiados por el análisis.

Los hilos de la trama

La narración adquiere sentido sólo a través de la trama. Una trama que se considera en este trabajo como herramienta de categorización⁴⁰ o, mejor dicho, como modelo de concordancia⁴¹ que se construye al contemplar los distintos acontecimientos que se dan cita en la universidad para darles un sentido explicativo: "es en virtud de la trama que fines, causas y azares se reúnen en la unidad temporal de una acción total y completa".⁴²

Por esta razón, la trama que se construye a partir de los testimonios de los sujetos de aquella época: alumnos, maestros, organizaciones juveniles y el movimiento estudiantil que aparece en este periodo de

la vida institucional, cumple una función mediadora⁴³ en tres sentidos específicos:

1) Interviene entre los acontecimientos y una historia (con el sentido de *story*), tomada como un todo. Es decir, la trama es la encargada de *extraer* "una historia sensata de una serie de acontecimientos o incidentes (los *pragmata* de Aristóteles)".

2) La trama también es mediadora, porque integra en un relato factores tan heterogéneos como huelgas, marchas, mitines y negociaciones entre los estudiantes y el gobernador, entre otros.

3) La trama cumple una función integradora que se realiza dentro de sus *caracteres temporales* propios, el respeto por el tiempo y las valoraciones de la época, que en el caso que investigamos comprendió los cuatro últimos años de la década de 1950 y poco más de la mitad de la década de 1960, con el propósito de lograr la *síntesis de lo heterogéneo* que señala Ricoeur.⁴⁴

Por esta razón, el trabajo se ocupa de identificar y diferenciar las diversas tramas⁴⁵ e intrigas que se entrecruzan, "un tejido de tensiones"⁴⁶ en los cuatro movimientos estudiantiles, con la finalidad de interpretar las acciones históricas de los sujetos universitarios que las produjeron, y presentarlas como una secuencia de acontecimientos que se despliega a lo largo de diez años. El concepto de intriga,⁴⁷ inherente a la trama se refiere a una *operación* metodológica que invita a la indagación, que busca más allá de lo superficial que muestran los datos en primera instancia, y que permite el encadenamiento entre los diversos hechos y acciones.⁴⁸ Es la idea de ir construyendo fragmentariamente, a partir de distintas fuentes, no necesariamente en un orden cronológico, la explicación, entendida como una *hipótesis de desarrollo*.⁴⁹

Es igualmente posible ver los datos en su relación recíproca y recogerlos en una imagen general que no tenga la forma de un desarrollo cronológico. Esta representación "perspicua", observaba Wittgenstein, "mediatiza la comprensión, que consiste cabalmente en ver las conexiones". De aquí la importancia de hallar *eslabones intermedios*.⁵⁰

La elección por la narrativa histórica descansa también en que especifica con claridad dos dimensiones temporales que hacen posible la diferenciación: la dimensión episódica, formada por los acontecimientos vistos aisladamente, y la configurante, que permite crear y concatenar los hechos en historia. Una historia que se estudia bajo el precepto de mostrar el pasado

Varias investigaciones sobre movimientos estudiantiles en nuestro país se han ceñido al estudio del contexto, de la "batalla", en la que sólo se muestra una sociedad sometida a "procesos estructurales", tensiones y conflictos, pero vacía de gente que se organiza, actúa y lucha más allá de las dinámicas y significaciones externas a las que debe "adaptarse".

desde el punto de vista narrativo como si fuera una imagen en movimiento.⁵¹ Como tal, la historia que condensa un pasado distante o cercano se puede narrar, con apego a las fuentes, con mucha viveza y mostrar elementos de aquella cotidianidad que de otra manera no aparecerían.⁵² Es en el oficio del historiador en el que la narración de un suceso histórico debe descansar en una perfecta armonía entre los documentos y la imagen que se recrea en movimiento.⁵³

Golo Mann ha sintetizado esta pretensión de la narrativa de la siguiente manera: "nadar con la corriente de los acontecimientos y analizarlos desde la posición de un observador posterior y mejor informado, combinando los dos métodos de forma que produzca una apariencia de homogeneidad, sin que la narración vaya por otro camino."⁵⁴

El sentido de la época

Los movimientos estudiantiles que surgen en Morelia durante la década de los sesenta son expresiones disímolas que se dan cita en una institución, y que en primera instancia sólo tienen en común estar protagonizadas por estudiantes. Sin embargo, esto no es así, pues todas las expresiones registradas obedecen al *sentir* de una época. Comprender una época es unir un cúmulo de experiencias y acciones en un todo coherente; es un intento por convertir lo caótico y lo inconexo en una figura unitaria, capaz de dar cuenta del momento estudiado en todas sus dimensiones y no agotarse en ninguno. Por esta razón, la idea clave que se sigue a lo largo de la tesis no se refiere a un *acontecimiento*: la huelga o las huelgas, como pudiera pensarse, ni a un sujeto protagónico, como es el caso de los estudiantes, o a una situación particular: la violencia sobre los jóvenes, o la toma de la universidad por el ejército, sino que se trata de un movimiento colectivo que atraviesa todo el periodo y que se manifiesta, por lo tanto, en una "actitud" compartida en ese entonces; una manera de sentir y valorar la época,⁵⁵ una "mentalidad"⁵⁶ o "espíritu de la época".⁵⁷ Es, en otras palabras, la forma en que los miembros de una colectividad, los universitarios nicolaítas en este caso, conciben y valoran en determinado momento su pasado y su porvenir; porvenir que para nosotros es fuente directa de nuestra indagación en el presente. "El presente es precisamente dimensión histórica y no un momento de la historia. Los hombres responden, desde luego, a urgencias actuales, pero se forman, piensan y actúan a partir de y en acuerdo con paradigmas ideales

que resumen y expresan los valores de toda una época histórica y no de este a aquel momento en particular".⁵⁸

Por esta razón, la época de los sesenta no se explica sólo a través de argumentaciones causales, por ejemplo, la huelga estalló por falta de presupuesto, o la universidad entró en crisis debido a causas estructurales de la región, o los estudiantes marcharon por ser unos rebeldes sin causa, o porque las condiciones sociales, políticas o económicas lo provocaron. Estas argumentaciones parciales pueden referirse a causas económicas, políticas o sociales, cierto, pero en todo caso la idea que se logra desde esta perspectiva es la de revelar el sentido de los hechos al conectarlos *causalmente* en una estructura determinada, situación que pone énfasis en la "batalla", más que en los "combatientes".⁵⁹ Explicación que no basta para entender la lógica del movimiento estudiantil que se despliega a lo largo de una década. De esta forma, el trabajo se centró en cuatro grandes escenarios en término de los movimientos mismos. Estudiar a los "combatientes" más que a la "batalla", en un primer momento, para mostrar la constitución de los movimientos estudiantiles, describirlos, explicarlos e interpretarlos para dar cuenta de la complejidad de una sociedad que no se agota en dinámicas y lógicas estructurales, pero que no las puede dejar de lado. Por otra parte, varias investigaciones sobre movimientos estudiantiles en nuestro país se han ceñido al estudio del contexto, de la "batalla", en la que se sólo se muestra una sociedad sometida a "procesos estructurales", tensiones y conflictos, pero vacía de gente que se organiza, actúa y lucha más allá de las dinámicas y significaciones externas a las que debe "adaptarse". Los enfoques historiográfico y sociológico intentan lograr un equilibrio entre las dos posturas. Por una parte, pretenden dar cuenta de la historia, pero también de quiénes, por qué y cómo la hicieron. Por otra, identifican al contexto histórico, "los márgenes en los que se mueven y que dan sentido a las acciones de los sujetos",⁶⁰ y que en esta investigación son cruciales para entender la lógica de la época, pero mediando y en continua referencia con la actuación de determinados sujetos que, no se puede negar, resultan claves: "la historia es un proceso abierto, es verdad, a la acción de fuerzas impersonales, azarosa y suprapersonales, pero esencialmente abierto a la libre voluntad emprendedora de los hombres. La historia nos condena a la perplejidad pero no a la impotencia".⁶¹

De acuerdo con lo anterior, tanto la "batalla" como el "combatiente" a la hora de plasmarse en una narración deben *configurar*⁶² el sentido de una época, es decir,



Francotirador VII (2006), óleo sobre madera, 97 x 130 cm.

historiar, interpretar y consolidar tendencias que nos llevan a comprenderla; elementos necesarios para ilustrar la forma en que la investigación sociológica y la histórica explican y comprenden una época pasada.⁶³

El periodo comprendido entre 1956 y 1966 es conflictivo y convulso para la institución universitaria: huelgas, manifestaciones, inestabilidad en la rectoría o enfrentamientos con los gobernadores son recurrentes, pero detrás de todo esto se encuentra una idea central presente en toda la década: la oposición de los estudiantes a la política educativa implementada por el Estado mexicano a partir de 1946, y la negativa de los jóvenes a cambiar los principios "progresista y al servicio del pueblo" que le atribuyen a la institución. Se parte del principio de que la época no se explica por los movimientos estudiantiles universitarios, sino que los movimientos estudiantiles se explican por la época en que aparecieron.

Temporalidad de los acontecimientos

Hacer historia implica necesariamente reconocer que existen temporalidades múltiples que tienen ritmos en relación con el hecho estudiado. En otras palabras, la configuración de una época o de un acontecimiento

sólo es posible a través de mirar al objeto desde distintas perspectivas e interpretaciones, derivadas desde diferentes temporalidades, sujetas por una estructura narrativa que armoniza estos ritmos disímboles⁶⁴ y les da coherencia, es decir, brinda el orden entre unos y otros elementos, la imbricación del acontecer, el tejido de los hechos. Tiempo y espacio constituyen dimensiones centrales del objeto de investigación, que en nuestro caso se pueden identificar a través de momentos relevantes, *princeps*, como son las huelgas estudiantiles que constituyen coyunturas específicas de análisis (tiempo de referencia), y la institución (ámbito espacial de las relaciones de poder), que dotan de características propias al análisis.

El tiempo en esta investigación está planteado en dos niveles básicamente: el que se estructura como una sucesión de momentos (tiempo largo)⁶⁵ que conforman la historia, es decir, el *continuum* de los acontecimientos cotidianos en la institución, el estado y el país; y el que remite a puntos de ruptura (tiempo corto), momentos de variación, es decir, sincrónicos.

Este referente temporal, 1956-1966, nos permite relacionar lo concreto o particular (Michoacán y la



Francotirador IV (2005), óleo sobre madera, 60 x 90 cm.

universidad), con lo general (la política educativa posterior al cardenismo); y el tiempo corto, momentos de quiebre (coyunturas representadas por las huelgas), con el tiempo largo, el pasado (la historia institucional).

Tiempos sociales

Para el estudio de la diversidad social existen diferentes temporalidades.⁶⁶ No existe un tiempo inicio; hay tiempos, tiempos sociales y una realidad simultánea para todos ellos. Por esta razón, "el pasado no es algo estático o fosilizado, sino que se sitúa en el tiempo, más precisamente en momentos determinados del tiempo".⁶⁷ La investigación partió de la elaboración de distintas cronologías, entendidas como "escalas temporales: se construyen mojones que fijan comienzos y fines relativos en una secuencia con ayuda de otra secuencia".⁶⁸ Es decir, fijar los puntos de referencia alrededor de los cuales situar los temas;⁶⁹ referencias que orientaron en un primer momento acerca de los acontecimientos que se registraban paralelamente al desarrollo del movimiento estudiantil, por ejemplo, la historia de la universidad en sus dependencias, los periodos rectorales, las elecciones y el manejo de las organizaciones estudiantiles, acontecimientos en los ámbitos estatal y nacional, entre otros, para establecer cortes horizontales y verificar los sincronismos entre los distintos tipos de fenómenos que se intentaban relacionar.⁷⁰

Elegir las coyunturas de indagación se asoció con la aparición disruptiva y violenta de los estudiantes mediante huelgas, en aquellas situaciones en que la universidad paralizó sus actividades a raíz de una protesta estudiantil que ponía en juego una disputa de poder. A través de estos cortes sincrónicos se establecieron las tendencias explicativas del fenómeno histórico, en el sentido de las continuidades o *momentos lentos*⁷¹ que existen entre huelga y huelga. Los lazos de continuidad se establecieron según la cadena de sus antecedentes y de sus efectos o consecuencias en el lapso establecido, utilizando un criterio metodológico que considera lo simultáneo como una posibilidad de conocimiento ante la diversidad expuesta, con el objetivo de articularlo en un relato historiográfico.

La operación historiográfica que explica la diversidad de los hechos parte de reconocer distintas temporalidades que están en función de los campos que confluyen en la configuración de un relato, "que aparece simplemente como un flujo continuo de acontecimientos que, como decimos, transcurren en el tiempo".⁷² En esta investigación se retoma la conceptualización de tiempo y momento para ilustrar los procesos sociales y políticos de los ámbitos local y nacional, y de las organizaciones estudiantiles nacionales que enmarcaron la época. ●

SAÚL VILLA, 1958

Exposiciones recientes

- 2006 Teoremizado Mono Infinito. El Eco, México D.F.
Siqueiros por número. Museo de Arte Carrillo Gil, México DF
2005 Ventanas, pintura en la Casa Luis Barragán, México D.F.
Vice Versa con Elisabeth Worndl, Hoerbachhof, Mondsee
from // to imagery, metamorphosis, museum der moderne, Salzburg
2004 Portrait des Atoms als Junge Bombe, Viena, ONU, AIEA.
BOMBAS Y BUNKERS: Sala German Gedovius San Luis Potosí,
Kunsthhaus Santa Fe, San Miguel Allende, Museo de la Ciudad
de Querétaro.
Prueba de los efectos de la explosión de un mecanismo nuclear
en una casa. Galerie in Traklhaus, Salzburg

Colecciones públicas

Nueva York, The Metropolitan Museum of Art
México DF, Colección Fundación Cultural Televisa, A.C., Centro Cultural
Arte Contemporáneo
México DF, Museo de la Estampa
México DF, Colegio Nacional
Austria, Land Salzburg
México DF, Museo de Arte Moderno
Oaxaca, IAGO

Saúl Villa es miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte.

Referencias

- 1 Este texto forma parte de la tesis doctoral *Movimiento estudiantil e institución. La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1956-1966*, DIE-CINVESTAV, 2003. Premio a la mejor tesis de doctorado en investigación educativa 2005, otorgado por la Academia Mexicana de Ciencias.
- 2 R. Wences, Reza, *El movimiento estudiantil y los problemas nacionales*, México, Nuestro Tiempo, 1971.
- 3 Véase Martín Lypset Seymour, *El hombre político. Las bases sociales de la política*, Madrid, Tecnos, 1987, p. 21.
- 4 Giovanni Sartori, "Qué es la política", en *La política. Lógica y método en las ciencias sociales*, México, FCE, 1987, pp. 215-216.
- 5 F. Chatelet, y E. Pisier-Kouchner, "La ciencia de lo político", en *Las concepciones políticas del siglo XX. Historia del pensamiento político*, Madrid, Espasa-Calpe, 1990, p. 402 y ss.
- 6 Norbert Elias, *Sociología fundamental*, Barcelona, Gedisa, 1992, p. 121.
- 7 Michel de Certeau, *La escritura de la historia*, México, UIA, 1993, pp. 33-45.
- 8 Remedi, Eduardo, *Detrás del murmullo. Vida político-académica en la Universidad Autónoma de Zacatecas, 1959-1977*. Tesis de doctorado, DIE-CINVESTAV, 1997.
- 9 Un ejemplo ilustrativo es la Universidad Autónoma de Zacatecas.
- 10 D. Donlap, y P. Goldman, "Rethinking Power in Schools", *Educational Administration Quarterly*, vol. 27, núm. 1, 1991, pp. 5-29.
- 11 Alberto Melucci, "The Symbolic Challenge of Contemporary Movements", en *Social Research*, vol. 52, núm. 4, 1982, p. 792.
- 12 G. Sartori, op.cit., p. 230.
- 13 Véase De Certeau, M. *La invención de lo cotidiano*, T.I., Artes de hacer, México, UIA, CEMCA, ITESO, 1996.
- 14 C. Geertz, *La interpretación de las culturas*, Madrid, Gedisa, 1988.
- 15 Véase C. Ginzburg, *El queso y los gusanos. El cosmos, según un molinero del siglo XVI*, Muchnick, Barcelona, 1994.
- 16 Arnaldo Cordova, "La historia, maestra de la política", en *El Estado mexicano y la revolución mexicana*, México, Era, 1989, p. 16.
- 17 Benedetto Croce, *Teoría e historia de la historiografía*, Buenos Aires, Editorial Escuela, 1965.
- 18 Véase Georg Iggers G., *The German Conception of History. The National Tradition of Historical Thought from Herder to the Present*, Wesleyan University Press, 1968.
- 19 Véase Peter Novick, *Ex noble sueño. La objetividad y la historia profesional norteamericana*, 2 vols., México, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, 1997.
- 20 *Ibid.*
- 21 Georges Duby, *La historia continua*, Madrid, Debate, 1992 y "El placer del historiador", en Beatriz Rojas (comp.), *Obras selectas de Georges Duby*, México, FCE, 1999, p. 22.
- 22 Georges Duby, *Diálogo sobre la historia. Conversaciones con Guy Lardreau*, Un sueño obligado, Madrid, Alianza Editorial, 1988, p. 39.
- 23 El efecto de la narrativa es más importante que la verdad o la falsedad de lo narrado. Véase Hayden White, *Metahistoria: la imaginación histórica en la Europa del siglo XIX*, México, FCE, 1992, p. 19.
- 24 Véase Michel De Certeau, op. cit., México, UIA, p. 67.
- 25 Véase R. Collingwood, *Idea de la historia*, México, FCE, 1996, p. 323.
- 26 G. Duby, op. cit., p. 39.
- 27 H. White, op. cit., p. 19.
- 28 *Ibid.*
- 29 *Ibid.*
- 30 Véase Paul Ricoeur, *Tiempo y narración*, T.I, México, Siglo XXI, 1995, p. 96.
- 31 H. White, op. cit., p. 18.
- 32 Norbert Elias, *La sociedad cortesana*, México, FCE, 1982, p. 15.
- 33 Erich Kahler, *¿Qué es historia?*, col. Breviarios, núm. 187, México, FCE, 1977, p. 15.
- 34 Véase Davis Zemon, Natali, "Introducción", *Mujeres en los márgenes: tres vidas del siglo XVII*, Madrid, Cátedra/Universidad de Valencia/Instituto de la Mujer, 1999.
- 35 Véase Michel de Certeau, "La concepción de historia", op. cit., p. 67.
- 36 *Ibid.*
- 37 *Ibid.*, p. 44.
- 38 Norbert Lechner, *Los patios interiores de la democracia. Subjetividad y política*, Santiago de Chile, FCE, 1990, p. 52.
- 39 Véase, Clifford Geertz, "Descripción densa: hacia una teoría interpretativa de la cultura", en *La interpretación de las culturas*, Madrid, Gedisa, 1988, pp. 19-40.
- 40 Véase Paul Ricoeur, op. cit., México, Siglo XXI, 1995, p. 31.
- 41 La concordancia se caracteriza por tres rasgos: plenitud, totalidad y extensión apropiada. Véase P. Ricoeur, op. cit.
- 42 *Ibid.*
- 43 La mediación que señala Ricoeur se establece entre la *mimesis I*, que es una comprensión del mundo de la acción, de sus características simbólicas y temporales, común al autor y al lector, y que sirve de base para la comprensión narrativa, y *mimesis III*, que corresponde lo que H.G. Gadamer llama "aplicación", y que marca la intersección del mundo del texto con el mundo del lector. Véase el trabajo de Ricoeur, "Autocomprensión e historia" en Calvo Martínez y R. Ávila Crespo (Eds.), *Paul Ricoeur: los caminos de la interpretación. Symposium internacional sobre el pensamiento filosófico de Paul Ricoeur*, Barcelona, Anthropos, 1991, pp. 26-42.
- 44 Paul Ricoeur, op. cit., p. 96.
- 45 *Ibid.*
- 46 Véase Norbert Elias, "Los universales de la sociedad humana", en *Sociología fundamental*, Barcelona, Gedisa, 1982, p. 123.
- 47 Paul Ricoeur, op. cit.
- 48 Véase C. Ginzburg, op. cit., p. 19.
- 49 Carlo Ginzburg, *Historia nocturna*, p. 28.
- 50 *Ibid.*
- 51 Véase Zemon Davis, Natalie, *Sociedad y cultura en la Francia Moderna*, Madrid, Cátedra, 1988, p. 5.
- 52 Véase Lawrence Stone, "El regreso de la narrativa", en *El pasado y el presente*, México, FCE, 1986, p. 56.
- 53 N. Davis, op. cit., p. 5.
- 54 Citado por P. Burke, "Historia de los acontecimientos y el renacimiento de la narración", en Peter Burke, Robert Darnton, Ivan Gaskel, et al., *Formas de hacer historia*, Madrid, Alianza 1993, p. 296.
- 55 Véase Marc Bloch, "El análisis histórico, ¿juzgar o comprender?", en *Introducción a la historia*, col. Breviarios, núm. 64, México, FCE, 1996, pp. 108-112.
- 56 Véase José, I. Beltrán Moya, "La historia de las mentalidades o la mentalidad en la historia", en revista *Iber. Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia*, núm. 12, abril, 1997, pp. 37-46. Véase P. Burke, *La revolución historiográfica francesa. La escuela de los Annales: 1929-1989*, España, Gedisa, pp. 20-38.
- 57 *Ibid.*
- 58 A. Córdoba, op. cit., p. 17.
- 59 Véase A. Touraine, *Sociología de la acción*, México, IIS/Siglo XXI, 1997.
- 60 Véase Davis, Zemon, Natali, *Mujeres de los márgenes. Tres vidas en el siglo XVII*, Madrid, Cátedra, 1999.
- 61 Enrique Krauze, *Mexicanos eminentes*, México, Tusquets, 1999, p. 14.
- 62 Norbert Elias, *Sobre el proceso de civilización; investigaciones sociogenéticas y psicogenéticas*, México, FCE, 1984, véase en especial la introducción.
- 63 Norbert Elias, op. cit., p. 43.
- 64 Véase Reinhart Koselleck, "Representation, event and structure" in Koselleck, *Futures Past: on the Semantics of Historical Time*, Cambridge, Mass., 1985, pp. 105-115.
- 65 Véase Michel Vovelle, *La historia y la larga duración*, en J. Le Goff, Roger Chartier y Jacques Revel, *La nueva historia*, Enciclopedia del saber moderno, Bilbao, RETZ, 1988, pp. 359-386.
- 66 Norbert Elias, *Sobre el tiempo*, México, FCE, 1989, p. 53.
- 67 Miguel León-Portilla, "El tiempo y la historia", en H. Crespo, Luis González y González, Carlos Maridial, et al., *El historiador frente a la historia*, México, UNAM, p. 57.
- 68 Norbert Elias, op.cit., México, FCE, 1989, p. 83.
- 69 Duby, Georges, *Diálogos sobre la historia. Conversaciones con Guy Lardreau*, Madrid, Alianza Universidad, p. 56.
- 70 *Ibid.*
- 71 Véase Norbert Elias, op. cit., p. 84.
- 72 Norbert Elias, op.cit., p. 87.

La tabla periódica nos cuenta su historia

LA DISCUSIÓN ACERCA DE CUÁL ERA LA SUSTANCIA FUNDAMENTAL DEL UNIVERSO SIGUIÓ DURANTE MUCHO TIEMPO, HASTA QUE APARECIÓ UNA IDEA QUE CAMBIÓ LA FORMA DE PENSAR DE LOS FILÓSOFOS: ¿POR QUÉ PENSAR QUE EL MUNDO ESTABA HECHO DE UN SOLO ELEMENTO?

José Adrián Peña Hueso, Raúl Ramírez Trejo y Adriana Esparza Ruiz

Antigüedad

En la antigüedad el surgimiento y desarrollo de las primeras culturas fue posible, en parte, gracias a nuevos métodos ideados para la conservación de alimentos, lo que permitió la acumulación de excedentes que podían ser utilizados como mercancías o bien permitían a ciertos grupos de la población dedicarse a otras tareas no relacionadas con la obtención de alimentos. De esta manera, algunas personas pudieron dedicar más tiempo a responder preguntas que se habían planteado desde siempre,

como: "¿De qué está hecho el universo?". En el siglo IV a.C., el filósofo griego Demócrito de Abdera (460-370 a.C.) fue uno de los primeros en proponer la existencia de unidades fundamentales de la materia a las que llamó "átomos" (que significa: aquello que no se puede dividir). Éste y otros filósofos griegos propusieron un modelo de la naturaleza donde no se consideraba la intervención de una divinidad, establecieron que la estructura del universo y los acontecimientos que en él ocurren obedecen a leyes posibles de conocer por medio del estudio y análisis de los fenómenos naturales. En

José ADRIÁN PEÑA HUESO Estudiante de doctorado del Departamento de Química del Cinvestav, egresado de la Universidad de Colima. Su área de investigación es la Química del grupo principal, particularmente metales alcalinos y alcalinotérreos, interacciones débiles y puentes de hidrógeno, síntesis de heterociclos conteniendo nitrógeno y su caracterización mediante diversas técnicas, principalmente resonancia magnética nuclear y difracción de rayos X de monocristal. Ha presentado su trabajo en diversos congresos nacionales e internacionales. japena@cinvestav.mx

RAÚL RAMÍREZ TREJO Doctor en Ciencias Químicas egresado del Departamento de Química del Cinvestav, obtuvo su título de Químico Farmacéutico Biólogo en la Universidad Autónoma Metropolitana. Su tema de tesis de doctorado fue la Química de coordinación de sustan-

cias óptimamente activas conteniendo azufre y selenio y las interacciones débiles entre oxígeno, azufre y selenio.

rramirez@cinvestav.mx

ADRIANA ESPARZA RUIZ Estudiante de doctorado del Departamento de Química del Cinvestav, egresada de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana. Su área de investigación es la química de coordinación del bloque p, principalmente boro, aluminio, estaño y plomo, con derivados de bencimidazol y benzotriazol. Para la caracterización de sus compuestos hace uso de diversas técnicas, como resonancia magnética nuclear y difracción de rayos X de monocristal. Ha presentado su trabajo en diversos congresos nacionales e internacionales.

aesparza@cinvestav.mx



El primer alquimista árabe de gran importancia fue Jabir ibn-Hayya (760-815), conocido en Europa siglos después como "Geber". Jabir, quien desarrolló nuevas ideas y escribió las fórmulas para la síntesis de nuevos materiales, no estaba satisfecho con la idea de los cuatro elementos de Aristóteles.

este periodo se propone por primera vez la existencia de componentes básicos (elementos) que forman todo lo que existe y que confieren a las cosas las propiedades que las caracterizan.

Tales de Mileto (624-546 a.C.) propuso la idea de que el agua era el elemento básico para la construcción de todo el universo, ya que la Tierra se encontraba cubierta en una gran proporción por océanos, que el agua que contenían se evaporaba y se convertía en aire, que posteriormente se condensaba y caía nuevamente en forma líquida y al llegar a la tierra podía solidificarse y de esta manera generar

todas las formas de la materia. Tales de Mileto pensaba que todos los seres vivos contenían agua y la necesitaban para vivir. El mar, que es fundamentalmente agua, era la fuente de muchos materiales, incluidos los seres vivos; por lo tanto, el agua se encontraba en todas las cosas. Con tal razonamiento, Tales llegó a la conclusión de que el agua era el componente básico de toda la materia.

Anaximandro de Mileto (610-545 a.C.) no compartía completamente la idea de Tales, puesto que el agua no podía engendrar el fuego, sino por el contrario, lo apagaba. Él decía que, efectivamente, debía de haber

En 1661 Boyle publicó sus descubrimientos y teorías en el libro *The Sceptical Chemist* (El químico escéptico). Boyle se llamó a sí mismo "químico" porque la palabra alquimista había adquirido mala reputación, debido a los constantes fraudes en la producción de oro.

una sustancia elemental a partir de la cual se pudiera construir el universo, pero que debería ser algo muy diferente a la materia que se conocía comúnmente, y llamó a esta sustancia con el nombre de "ápeiron". Del ápeiron podían surgir todas las sustancias conocidas, aunque fueran cosas tan diferentes como el agua y el fuego. Sin embargo, su idea no fue aceptada por la mayoría de los filósofos.

Posteriormente, otro filósofo griego, Anaxímenes de Mileto (590-526 a.C.) propuso que la sustancia fundamental del universo era el aire: "¿No está toda la Tierra rodeada de aire? ¿No es cierto que del aire cae el agua que llena los ríos y los océanos? ¿No es necesario el aire para que el fuego pueda existir? Entonces el aire es la fuente de toda sustancia presente en el universo."

Heráclito de Éfeso (500-460 a.C.) razonó de forma diferente, él propuso que todos estos cambios de las sustancias eran la prueba clara de que la materia fundamental de todas las cosas debería ser cambiante, o de otra forma no podría haber transformaciones de las sustancias, por lo tanto la sustancia elemental que formaba el universo era el fuego.

La discusión acerca de cuál era la sustancia fundamental del universo siguió durante mucho tiempo, hasta que apareció una idea que cambió la forma de pensar de los filósofos: ¿por qué pensar que el mundo estaba hecho de un solo elemento? Es más lógico pensar que las diversas sustancias del mundo están constituidas por varios elementos y que de su combinación se puede obtener la gran diversidad de materiales que conocemos. Fue Empédocles (495-435 a.C.) quien propuso esta idea y dijo que los elementos formadores del universo eran cuatro: la tierra, el agua, el aire y el fuego.

Esta idea fue aceptada inmediatamente y gozó de mucha popularidad. Fue discutida y ampliada por Aristóteles (384-322 a.C.), quien además agregó un elemento extra al que denominó "éter". De acuerdo con Aristóteles el cielo no podría estar formado por los mismos elementos de los cuales están hechas las sustancias terrenales, los cielos son perfectos y deberían estar hechos

de un elemento diferente, este elemento perfecto formaba las estrellas. Además propuso una idea novedosa, de acuerdo con Aristóteles las propiedades de las sustancias podrían ser cambiadas y de esta manera se podría transformar un elemento en otro. (fig. 1) Esta idea sería la motivación principal para el desarrollo de la química, pero provocó que esta ciencia comenzara con el pie izquierdo.

Hasta ese momento los elementos para construir una tabla con ellos eran cinco: agua, aire, fuego, tierra y éter. Pero aún faltaba mucho por descubrir.



Fig. 1. Los cuatro elementos y sus propiedades según Aristóteles.

La era de los alquimistas

Los egipcios eran muy prácticos, era un pueblo que sabía mucho acerca de las transformaciones de las sustancias para producir metales, vidrio, tintes, medicinas y muchas otras sustancias. Cuando los griegos conquistaron Egipto entraron en contacto con este arte y lo llamaron "chemia". Posteriormente, Egipto fue conquistado por los árabes, quienes recogieron la herencia intelectual de la transformación de las sustancias. La cultura árabe compendió los conocimientos prácticos para la elaboración de alimentos, medicinas, pigmentos y objetos metálicos, acumulados durante siglos por ellos y por los egipcios, griegos y caldeos y les dio el nombre de "al-chemia", que significa "el arte de la transformación".

El primer alquimista griego que se conoce fue un trabajador de metales llamado "Bolos de Mendes" (200 a.C.), quien en 34 de sus escritos utilizó el nombre de Demócrito, por lo que se le conoce como "Bolos-Demócrito", o a veces como "seudo-Demócrito".

Bolos se dedicó a lo que se había convertido en uno de los grandes problemas de la *chemia*: el cambio de un metal en otro y particularmente, de plomo o hierro en oro (transmutación). Él observó que al fundir el cobre (un metal rojo) con estaño (un metal gris) se obtenía una aleación amarillenta (bronce) y razonó que si llegara a formar el color del oro obtendría el oro mismo, puesto que, de acuerdo con Aristóteles, todas las sustancias estaban formadas por los mismos cuatro elementos y si conociéramos las proporciones de ellos presentes en el oro se podría producir fácilmente. A partir de aquí comenzó la infructuosa carrera de los alquimistas para encontrar la fórmula que permitiera producir oro a partir de metales baratos y más comunes.

Para muchos alquimistas el oro era el metal perfecto, incorruptible, producto del perfeccionamiento de los metales comunes en las entrañas de la Tierra y su labor era acelerar el proceso de esta perfección para lograr la transmutación de los metales menos nobles en el más noble de todos. Además sería posible encontrar una sustancia que pudiera inducir esta transformación de los metales en oro y que pudiera llevar a las personas a la perfección curando todas las enfermedades y dando la vida eterna. Los árabes llamaban a esta sustancia "al-iksir", derivado de una palabra griega que significa "seco" (de donde deriva la palabra *elixir*). Posteriormente, los europeos al pensar en esta sustancia como un material sólido y duro la llamaron "piedra filosofal".

El primer alquimista árabe de gran importancia fue Jabir ibn-Hayya (760-815), conocido en Europa siglos después como "Geber". Jabir, quien desarrolló nuevas ideas y escribió las fórmulas para la síntesis de nuevos materiales, no estaba satisfecho con la idea de los cuatro elementos de Aristóteles. Él sabía que los metales y los no-metales tenían propiedades muy diferentes y no creía que todos estuvieran compuestos del elemento tierra. Decidió que los metales deberían contener algún principio especial que los hiciera tan diferentes y éste seguramente estaba en grandes proporciones en el mercurio puesto que es un metal líquido y debe contener muy poca tierra. De la misma manera, al observar que los no-metales arden y los metales no arden, pensó que debía existir otro principio de la materia que estaba contenido en grandes cantidades en el azufre. De esta forma propuso que las sustancias sólidas deberían de estar constituidas de *mercurio* y *azufre* en diferentes proporciones y alterando estas proporciones se podría fabricar oro a partir de otros metales.

Posteriormente, el excéntrico alquimista sueco Filippus Theophrastus Bombastus von Hohenheim (1493-1541), conocido también como "Paracelso", añadió un principio más. Había sustancias que sin ser metales tampoco eran combustibles, estas sustancias deberían contener otro principio que estaría concentrado en la *sal*, por lo tanto la *sal* era un principio fundamental en la estructura de la materia.

Durante este periodo de la alquimia, en Europa se realizaron importantes descubrimientos (aunque no siempre de manera consciente y frecuentemente por chiripada) que serían fundamentales para el desarrollo de la química. Por ejemplo, se describió por primera vez la preparación de los ácidos sulfúrico, nítrico y clorhídrico y la obtención de algunos elementos químicos, como arsénico, mercurio y cinc.

La revolución científica y los antecedentes de la Química moderna

Después de la Edad Media la forma de ver el mundo cambió drásticamente, se adoptaron nuevos métodos para estudiar la naturaleza y se comenzó a recurrir de manera sistemática a la observación y la realización de experimentos sencillos, los cuales, poco a poco, fueron teniendo mayor importancia que las meras opiniones de las "autoridades" en determinado tema. El científico inglés Robert Boyle (1627-1691) estudió las propiedades de los gases, en particular el cambio de volumen que sufren al variar la presión sobre ellos, y en 1645, junto con otros colegas, fundó el "Philosophical College", un club en el que los científicos podían exponer sus ideas. Este club se convertiría más tarde en la Royal Society.

En 1661 Boyle publicó sus descubrimientos y teorías en el libro *The Sceptical Chemist* (*El químico escéptico*), (fig. 2) Boyle se llamó a sí mismo "químico" porque la palabra alquimista había adquirido mala reputación, debido a los constantes fraudes en la producción de oro, y escéptico, porque había llegado el momento de colocar en tela de juicio los conceptos antiguos de la química y ponerlos a prueba para confirmar las teorías. Este cambio también provocó que la alquimia se convirtiera en química. En su libro, Boyle establece que un elemento es una sustancia que no puede ser descompuesta en sustancias más simples, que son cuerpos primitivos que no están hechos unos de otros y que son los ingredientes que componen todos los otros cuerpos denominados "mixtos". Así, propone que ni los cuatro elementos aristotélicos ni los tres principios alquímicos eran elementos, pero aún no tenía la certeza de qué sustancias conocidas eran en verdad elementos. Por ejemplo, sin saberlo obtuvo hidrógeno al tratar hierro con ácido clorhídrico, pero pensó que lo que había obtenido era aire corriente. En estas fechas ya

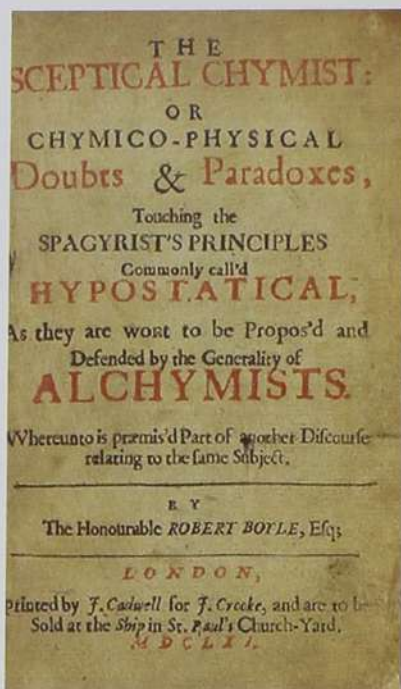


Fig. 2. Portada del libro de Boyle, donde expone sus ideas y descubrimientos.



Fig. 3. Descubrimiento del fósforo por Hennig Brand en 1669 (pintado por Joseph Wright).

estaban bien identificadas trece sustancias que actualmente sabemos que son elementos químicos, pero que no habían sido reconocidas como tales: oro, plata, cobre, hierro, estaño, plomo, mercurio, carbono, azufre, arsénico, antimonio, bismuto y cinc.

Sin embargo, aun después de la propuesta de Boyle, el interés de los alquimistas por producir oro no decayó. El alemán Hennig Brand (1630-1710) llevó a cabo en 1669 la primera descripción detallada y reproducible del método de obtención de un elemento químico (fósforo), el cual aisló de la orina humana en un intento de obtener un principio que le permitiera transformar metales de poco valor en oro, por lo que se le conoce también como "el último alquimista". Él, como la mayoría de los alquimistas, pensaba que las cosas amarillas estaban a un paso de la conversión en oro, por lo tanto se le ocurrió una idea novedosa: buscar la piedra filosofal en la orina humana, que tiene un ligero color amarillo. Recogió cierta cantidad de orina y la dejó reposar durante dos semanas. Luego calentó a ebullición para retirar el agua y dejar un residuo sólido. Mezcló el sólido con arena y calentó fuertemente la mezcla. Al final recogió los vapores desprendidos que se condensaron en un sólido de aspecto ceroso y para su sorpresa, ese sólido brillaba en la oscuridad. Este descubrimiento fue espectacular y causó sensación en toda Europa (fig. 3).

La persistente fe en la alquimia fue la fuente de otras ideas. Una teoría novedosa de la combustión fue

propuesta por el médico alemán George Ernst Stahl (1660-1734). Él le dio el nombre de "flogisto" al principio de la combustión, y propuso que cuando una sustancia arde el flogisto la abandona y escapa al aire. También afirmó, con mucha razón, que el proceso de oxidación de un metal era el mismo que el de la combustión de una sustancia. Esta teoría explicaba muy bien los hechos de la combustión y fue rápidamente aceptada. La única objeción era que si en la oxidación de un metal se perdía flogisto el residuo pesaba más que el metal. En realidad a los químicos del siglo XVIII esto no les importaba demasiado, pues no daban mucha importancia a las mediciones, y decían que el flogisto podía tener un peso negativo.

El ingenio de los primeros químicos

En los primeros tiempos en los que se desarrolló la química, como una ciencia, los investigadores de esta disciplina usaban principalmente sus sentidos para obtener información, se basaban en cambios de color, olor o sabor para estudiar las reacciones químicas y los productos. Un ejemplo de cómo podía usarse el color para identificar los compuestos de un cierto elemento es la reacción de nitrato de plomo o acetato de mercurio con yoduro de potasio. Las soluciones acuosas de estos tres compuestos son incoloras, pero al mezclar la solución de yoduro de potasio con la de nitrato de plomo se produce un sólido amarillo (yoduro de plomo)

mientras que, si se hace con la solución de acetato de mercurio se produce yoduro de mercurio, que es un sólido anaranjado (fig. 4). De esta manera se podían identificar los compuestos en los que participa cierto elemento que, como ya se había observado, por lo general les impartían un color característico.

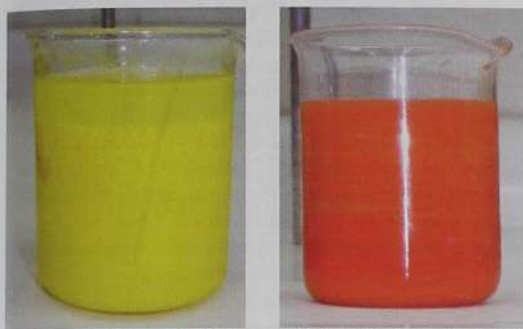


Fig. 4 Suspensiones de yoduro de plomo (izquierda) y de yoduro de mercurio (derecha).

Siglos XVIII y XIX

En esta época empezó a circular la idea de que el aire no era una sustancia sino una mezcla. El químico inglés Henry Cavendish (1731-1810) aisló el hidrógeno y descubrió que no era aire común como había pensado Boyle, sino que ardía con una llama azul produciendo un líquido incoloro que resultó ser agua. Cavendish publicó su resultado pero no supo cómo interpretarlo. El químico escocés Joseph Black (1729-1799) fue uno de los primeros en probar que una parte del aire favorecía la combustión y otra no, demostrando que al menos era una mezcla de dos sustancias. Su discípulo Daniel Rutherford (1749-1815) separó la parte que no favorecía la combustión y la llamó "aire flogistizado". El clérigo inglés Joseph Priestley (1733-1804) identificó el gas producido por la fermentación como el mismo que es producto de una combustión. Priestley también preparó oxígeno calentando óxido de mercurio, que él mismo obtuvo al calentar mercurio con una gran lupa. Descubrió que este nuevo gas promovía la combustión y hacía que los animales se volvieran muy activos. Él llamó a este gas "aire desflogistizado".

Antes que la teoría del flogisto muriera los químicos ya habían descrito la preparación de doce nuevos elementos: fósforo, cobalto, platino, níquel, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, cloro, manganeso, molibdeno, telurio y tungsteno.

En los siglos XVIII y XIX se descubrió la mayoría de los elementos químicos y nació la química como una ciencia moderna, con un lenguaje y método propios. En este periodo destacan las aportaciones del llamado padre de la química, el francés Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), a quien se considera el autor del primer texto de química moderno, por la nomenclatura que desarrolla para los compuestos y elementos químicos, la cual, salvo algunos cambios, es la misma que emplean los químicos actualmente. Lavoisier estableció la importancia de realizar mediciones

precisas y exactas, pues según él éstas constituyen la base de los experimentos químicos. Lo anterior nos parece obvio ahora, pero en el siglo XVIII fue la única manera posible de obtener una evidencia definitiva contra la teoría de la "transmutación de los elementos".

En aquella época se observaba que si en un recipiente de vidrio se hervía agua por periodos prolongados al final aparecía un sedimento en el fondo del recipiente, como si una pequesísima cantidad de agua se hubiese convertido en "tierra". Lavoisier tenía serias dudas acerca de esta teoría y lo que hizo para ponerla a prueba fue pesar, con la mejor balanza de que pudo echar mano, una cierta cantidad de agua de lluvia en un recipiente de vidrio con una forma que permitiera la evaporación y condensación continua del agua. Después puso a hervir el agua de lluvia en dicho recipiente durante 101 días, y al final de este tiempo notó el típico sedimento observado en otras experiencias semejantes y con la misma exactitud volvió a pesar el recipiente de vidrio con el agua y el sedimento cuidadosamente raspado del fondo. Comparando los pesos lo que encontró fue que el peso del agua no cambió después del proceso y que el peso del recipiente disminuyó en una magnitud igual al peso del sedimento raspado del fondo del recipiente. De esta manera Lavoisier dio un golpe fatal a la teoría de la "transmutación de los elementos", al probar que el sedimento observado no era agua transformada en "tierra", sino que simplemente se trataba de pequeñas cantidades de vidrio disueltas por el agua durante el proceso y que al enfriarse ésta se depositaban en el fondo del recipiente.

Lavoisier fue también el verdugo de la teoría del flogisto, al demostrar con experimentos y mediciones precisas que el aire era una mezcla del aire desflogistizado de Priestley, al que llamó "oxígeno" (formador de ácidos), y el aire flogistizado de Rutherford, al que llamó "azoe" (sin vida) (en español este nombre fue cambiado a nitrógeno, que significa "formador de nitro"). Gracias a sus investigaciones pudo formular una teoría de la combustión en la que establecía que el oxígeno del aire se combinaba con otras sustancias para producir nuevos compuestos. Con esta teoría pudo explicar fácilmente lo que sucedía al quemar el aire inflamable de Cavendish, al que llamó "hidrógeno" (formador de agua), concluyendo que el agua era un compuesto de hidrógeno y oxígeno. Gracias a Lavoisier se eliminaron las ideas de los antiguos griegos respecto a los cinco elementos.

Los problemas planteados por la metalurgia, como el desarrollo de métodos para la extracción de metales y su identificación, impulsaron las investigaciones químicas durante los siglos XVIII y XIX, periodo conocido también como "Revolución industrial". Un ejemplo de esto es el descubrimiento del elemento vanadio hecho en México en 1801 por Andrés Manuel del Río Fernández (1765-1849) (fig. 5). Este investigador trabajaba para el Real Colegio de Minas en la Ciudad de México, que a la sazón era encabezado por Fausto de

Andrés Manuel del Río Fernández encontró el vanadio en una muestra de "plomo pardo de Zimapán", (mineral que ahora se conoce como "vanadita"), proveniente de una mina de Hidalgo.

Elhúyar (1755-1833), quien a su vez descubrió el elemento wolframio en 1783.

Andrés Manuel del Río Fernández encontró el vanadio en una muestra de "plomo pardo de Zimapán", (mineral que ahora se conoce como "vanadita"), proveniente de una mina de Hidalgo. Debido a la gran variedad de colores de sus sales lo llamó "pancromio" (que significa "todos los colores"), pero después, al descubrir que todas las sales se volvían rojas al calentarlas o tratarlas con ácido, lo llamó "eritronio" (que significa "rojo"). Del Río le dio parte de su material a Alexander von Humboldt (1769-1859), quien a su vez lo envió a un instituto en París, junto con una breve nota explicando lo mucho que se parecía al cromo. (Una carta más detallada explicando su química nunca llegó porque el barco se hundió en una tormenta). El químico francés H. V. Collet-Descotils (1773-1815) analizó la muestra y llegó a la conclusión de que era un mineral de cromo y publicó su reporte. Del Río fue convencido de que había redescubierto el cromo.

El vanadio fue redescubierto en 1831, en una muestra de hierro, por el químico sueco Nils Gabriel Sefström (1787-1845) y lo llamó así en honor de Vanadis, la diosa escandinava de la belleza. Sin embargo, el químico Friedrich Whöler (1800-1882), que había seguido trabajando en muestras de plomo pardo de Zimapán, confirmó el descubrimiento de Andrés Manuel del Río (30 años antes) y a pesar de eso el nombre aceptado del elemento fue el que le asignó Sefström.

Con un conjunto de ideas novedosas en la química y con resultados mejor explicados se preparaba el terreno para una nueva concepción de los elementos químicos.



Fig. 5. Andrés Manuel del Río.

El francés Joseph Louis Proust (1754-1826) hizo un descubrimiento muy importante acerca de los pesos en los cuales se combinaban las sustancias para producir nuevos compuestos. Descubrió que los elementos siempre se combinaban en proporciones definidas de peso y estas proporciones siempre eran números enteros. Proust concluyó que la única forma en la que siempre se cumpliera esto era que la materia estuviera constituida por bloques indivisibles de construcción.

Pero quien realmente desarrolló esta teoría fue el inglés John Dalton (1766-1844). Dalton reconoció que efectivamente los compuestos siempre contenían proporciones de peso de cada elemento que eran números enteros, inclusive cuando dos elementos se combinaban de formas diferentes, de esto dedujo que los átomos deberían de tener pesos definidos que serían diferentes para cada elemento y elaboró una tabla con los pesos atómicos de los elementos conocidos en su época (fig. 6). Aquí por primera vez se dio una razón contundente por la que un elemento no se puede transmutar en otro, es decir que por medios químicos no se puede cambiar un tipo de átomo en otro. Dalton trabajó mucho tiempo desarrollando su teoría atómica y publicó sus resultados en su libro *A New System of Chemical Philosophy* (Un nuevo sistema de filosofía química), en el cual representa a los compuestos como la combinación de los átomos de los diversos elementos.

En 1817 el químico alemán Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849) hizo el primer intento por establecer una clasificación de los elementos químicos. Observó que para algunos grupos de tres elementos sus pesos atómicos parecían tener relación con sus propiedades. Por ejemplo, calcio, estroncio y bario. El calcio funde a 839 °C y el bario a 729 °C, mientras que el estroncio queda en medio; funde a 769 °C. Un trozo de calcio agregado al agua reacciona y libera hidrógeno, el bario tiene la misma reacción pero es menos vigorosa y la reactividad del estroncio es intermedia. Los tres elementos forman compuestos parecidos, por ejemplo sus sulfatos CaSO_4 , BaSO_4 y SrSO_4 . El sulfato de calcio es ligeramente soluble en agua, el de estroncio es prácticamente insoluble y el de bario tiene una solubilidad intermedia. Este comportamiento se manifiesta en otras propiedades. Lo más interesante es cómo se ajustan estas propiedades con sus pesos atómicos, los pesos medidos en esa época eran 40 para el calcio, 137 para el bario y 88 para el estroncio, o sea casi la mitad de los otros dos. En 1829 Döbereiner volvió a estudiar las triadas de los elementos, una formada por azufre, selenio y telurio y la otra de cloro, bromo y yodo. Informó acerca de su teoría y sus estudios a la comunidad científica, pero no la tomaron en cuenta, los químicos de su época no vieron ninguna utilidad en todo

ELEMENTS

Hydrogen	1	Strontian	46
Nitrogen	5	Barytes	68
Carbon	5	Iron	50
Oxygen	7	Zinc	56
Phosphorus	9	Copper	56
Sulphur	13	Lead	90
Magnesia	20	Silver	190
Lime	24	Gold	190
Soda	28	Platina	190
Potash	42	Mercury	167

se usa en la actualidad. Berzelius también era un químico muy hábil y perfeccionó la lista de los pesos atómicos que había desarrollado Dalton.

En 1859 dos físicos alemanes, Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) y Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) inventaron el espectroscopio. Con este aparato se pudo estudiar la luz emitida por cada elemento al ser calentado y examinar los espectros consistentes en líneas luminosas características de cada elemento. Mediante este aparato se simplificó mucho el análisis de las muestras y se pudieron descubrir nuevos elementos a partir de la observación de líneas de luz desconocidas. Y como sólo es necesario observar la luz para conocer los elementos que la emiten, por primera vez se hizo posible estudiar la composición química de las estrellas.

En 1860 se convocó al Primer Congreso Internacional de Química y se discutieron los temas del estudio de los elementos, llegando a la conclusión de que era fundamental conocer los pesos atómicos de los elementos para entender la forma en la que se combinaban. En esta fecha ya se conocían 58 elementos. Había que poner un orden en esta maraña de elementos que ya se tenían y los que se descubrían de vez en cuando.

En 1862 un geólogo francés llamado Alexandre Émile Béguyer de Chancourtois (1820-1886) encontró que si disponía los elementos en orden de sus pesos atómicos en una columna en espiral, las triadas de Döbereiner quedaban alineadas y llamó a su arreglo "tornillo telúrico", pero nadie se fijó en él. La idea revivió en el químico inglés John Alexander Reina Newlands (1837-1898), quien decidió acomodar a los elementos en columnas de ocho miembros, pero cometió algunos errores en su acomodo y su clasificación no tuvo mucha utilidad. En 1870 el químico alemán Julius Lothar Meyer (1830-1895) acomodó a los elementos de acuerdo con sus volúmenes atómicos, este arreglo definitivamente indicaba un orden fundamental en los elementos (fig. 7). Pero la mayor contribución a una verdadera clasificación de los

Fig. 6. Tabla de los elementos publicada por Dalton, con los símbolos que él asignó y sus correspondientes pesos atómicos.

eso, Döbereiner estaba muy adelantado a su tiempo. A la pregunta de los antiguos griegos: "¿De qué está hecho el universo?", en 1830 ya se tenía una respuesta muy diferente a la esperada. En lugar de unos cuantos bloques básicos de construcción se tenía una lista de 54 y la Química empezaba a convertirse en una selva. La representación de los elementos en los textos de Química era compleja, carente de sentido, difícil de comprender y de recordar. Los alquimistas habían desarrollado una serie de símbolos para sus elementos: oro $\odot$ plata $\ominus$, por poner algunos ejemplos. Dalton trató de simplificar el sistema simbolizando a cada elemento mediante un círculo con una marca distintiva. Pero fue el químico sueco Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) quien edificó el sistema más lógico y racional. A cada elemento lo representó con la primera letra de su nombre latino, y cuando había más de un elemento que comenzara con la misma letra usaba la segunda o la tercera para evitar la confusión. De esta forma simplificó grandemente la nomenclatura y la escritura de la química e implantó el sistema de símbolos químicos que

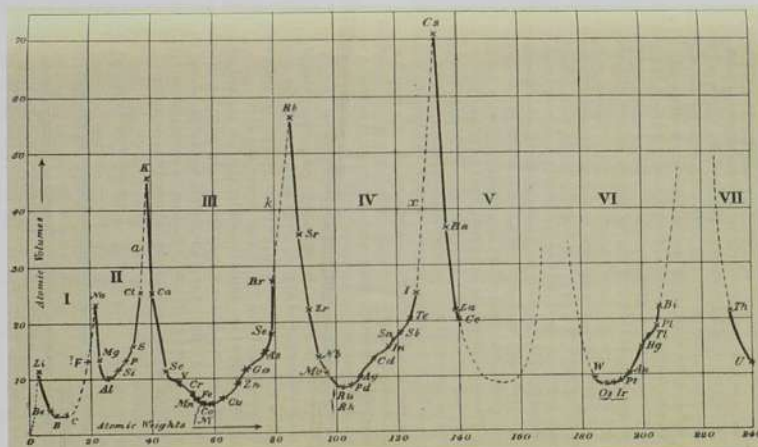


Fig. 7. Gráfica de los volúmenes atómicos de Lothar Meyer.



Fig. 8. Dmitri Ivanovich Mendeleev.

H = 1

Be = 9.4	Mg = 24
B = 11	Al = 27.4
C = 12	Si = 28
N = 14	P = 31
O = 16	S = 32
F = 19	Cl = 35.5
Li = 7	Na = 23
	K = 39
	Ca = 40
	? = 45
	?Er = 56
	?Yt = 60
	?In = 75.6

Ti = 50	Zr = 90	? = 180
V = 51	Nb = 94	Tl = 182
Cr = 52	Mo = 96	W = 186
Mn = 55	Rh = 104.4	Pt = 197.4
Fe = 56	Ru = 104.4	Ir = 198
Ni = Co = 59	Pd = 106.6	Os = 199
Cu = 63.4	Ag = 108	Hg = 200
Zn = 65.2	Cd = 112	
? = 68	Ur = 116	Au = 197?
? = 70	Sn = 118	
As = 75	Sb = 122	Bi = 210
Se = 79.4	Te = 128?	
Br = 80	I = 127	
Rb = 85.4	Cs = 133	Tl = 204
Sr = 87.6	Ba = 137	Pb = 207
Ce = 92		
La = 94		
Di = 95		
Th = 118?		

Fig. 9. La primera tabla periódica de Mendeleev.

elementos se había publicado en Rusia un año antes.

El químico ruso Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907) (fig. 8) también propuso un orden para el acomodo de los elementos, pero no sólo tomando en cuenta los pesos atómicos, sino también una propiedad química muy importante: la valencia.

Desde hacía tiempo era conocido que cada elemento tenía cierto poder de combinación, por ejemplo, el hidrógeno y el oxígeno se pueden combinar para hacer H_2O pero nunca para formar HO_2 . Mendeleev hizo una lista con las valencias más comunes y con base en ella observó la formación de periodos. Arregló los elementos en una tabla y los que tenían propiedades similares quedaron cercanos, particularmente las triadas de Döbereiner quedaron juntas (fig. 9).

Este nuevo arreglo de los elementos era particularmente bueno, pero iba más allá. Mendeleev tenía mucha confianza en su tabla periódica y se atrevió a disponer algunos elementos en un orden que era contrario al que correspondía por sus pesos atómicos y retó a los químicos a ponerla a prueba. En aquellas fechas se le asignaba al berilio un peso atómico de 14, pero en la tabla de Mendeleev no había espacio para un elemento con ese peso y lo colocó junto al magnesio, entre el litio y el boro, o sea que le debería de corresponder un peso atómico de aproximadamente 9 y de manera similar afirmó que los químicos estaban equivocados en los pesos del uranio y del indio. Pero lo más arriesgado en su propuesta fue la predicción de nuevos elementos. Para que su tabla funcionara tuvo que dejar algunos huecos en ella y dijo que correspondían a elementos que no habían sido descubiertos y los llamó "ekaboro", "ekasilicio" y "ekaaluminio". Además, se

atrevió a predecir con lujo de detalles las propiedades físicas y químicas que tendrían. Nunca antes nadie había hecho una propuesta tan desafiante ni se había atrevido a predecir la existencia de un elemento sin tener una base experimental y la mayoría de los químicos no prestaron atención a sus propuestas; sin embargo, si sus predicciones se cumplían se convertiría en un héroe para la química y su tabla periódica quedaría probada más allá de toda duda. La primera tabla periódica de Mendeleev lucía más o menos así:

Mendeleev no tuvo que esperar mucho. En 1874 y con ayuda del espectroscopio, el químico francés Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran (1838-1912) descubrió un nuevo elemento, lo aisló y lo llamó "galio". Al describir sus propiedades observó que correspondían de manera sorprendente con las predichas para el ekaaluminio de Mendeleev. El descubrimiento causó sensación. Finalmente alguien sabía lo suficiente de los elementos como para entenderlos y predecir sus propiedades. Ahora los químicos de todo el mundo prestaron atención a la tabla de Mendeleev y se dispusieron a descubrir los elementos que faltaban.

Cuatro años después el químico sueco Lars Fredrik Nilson (1840-1899) descubrió el óxido de un nuevo elemento y lo llamó "escandio", pero fue su compatriota Per Theodor Cleve (1840-1905) quien observó que este elemento era el ekaboro que había predicho Mendeleev y que sus predicciones eran correctas casi al más mínimo detalle. Finalmente, en 1886 se cumplió la última de las predicciones de Mendeleev. Un nuevo elemento, el germanio, descubierto por el alemán Clemens Alexander Winkler (1838-1904) correspondía fielmente a las propiedades predichas para el ekasilicio.

A la pregunta de los antiguos griegos: "¿De qué está hecho el universo?", en 1830 ya se tenía una respuesta muy diferente a la esperada. En lugar de unos cuantos bloques básicos de construcción se tenía una lista de 54 y la Química empezaba a convertirse en una selva.

Mendeleiev había triunfado y en ese momento su tabla periódica fue reconocida como un descubrimiento monumental.

Con la novedosa tabla periódica como guía, los químicos tenían ahora una valiosa herramienta para la búsqueda de los elementos. Estaba demostrado que había un orden interno en su estructura, aunque no fuera completamente entendido por los científicos de aquella época, se podía suponer que existía un número limitado de elementos y sólo tenían que colocarse en el orden correcto en la tabla. Aún quedaban tres huecos en ella, pero ya nadie dudó de que se llenarían.

Sin embargo, había un pequeño detalle que ni Mendeleiev ni ningún otro químico podían explicar. Para que la tabla funcionara tuvo que colocar tres elementos en un mismo espacio: cerio, erbio y terbio. Pero se estaba descubriendo un nuevo grupo de metales, muy parecidos entre sí, a partir de un grupo de minerales que eran llamados "tierras" y no encajaban en la tabla. El único lugar donde parecían encajar era en la hilera "IIIa". Para que la tabla siguiera teniendo

sentido 12 elementos tenían que amontonarse en la misma casilla y la flamante tabla periódica se empezaba a convertir en algo no tan claro.

Poco tiempo después, al analizar el aire con mayor detenimiento, el físico Robert John Strutt (1875-1947), mejor conocido como Lord Rayleigh, descubrió que el nitrógeno aislado del aire no era exactamente igual al obtenido por medios químicos y encargó al químico escocés William Ramsay (1852-1916) que estudiara el asunto. El resultado de la investigación fue un nuevo conjunto de gases notablemente inertes que no cabían en ningún lugar de la tabla. Sin embargo en esta ocasión el problema fue más fácil de resolver. Mendeleiev había colocado a los elementos en orden de acuerdo con sus valencias y como estos nuevos gases eran completamente inertes se podían considerar como de valencia 0 (cero), por lo tanto no había más que colocarlos en una nueva hilera (véanse las figuras 10 y 11). La tabla continuaba pasando todas la pruebas, excepto por el asunto de los metales de las llamadas "tierras raras".

Series.	Group I. — R ₂ O.	Group II. — RO.	Group III. — R ₂ O ₃ .	Group IV. — RH ₄ , RO ₂ .	Group V. — RH ₅ , R ₂ O ₅ .	Group VI. — RH ₆ , RO ₃ .	Group VII. — R ₂ O ₇ .	Group VIII. — RO ₄ .
1	H = 1							
2	Li = 7	Cl = 9	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35.4	
4	K = 39	Ca = 40	Sc = 44	Ti = 48	V = 51.1	Cr = 52.3	Mn = 55	Fe = 56, Co = 58.7, Ni = 58.6, Cu = 63.5.
5	(Cu) = 63.2	Zn = 65	Ga = 69.9	Ge = 72.3	As = 75	Se = 79	Br = 80	
6	Rb = 85	Sr = 87.5	Y = 89	Zr = 90.4	Nb = 92.7	Mo = 95.9	— = 100	Ru = 100.5, Rh = 104.1, Pd = 106.3, Ag = 108.
7	(Ag) = 108	Cd = 112	In = 113.7	Sn = 118	Sb = 120	Te = 125	I = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	La = 138.5	Ce = 141.5	Hf = 145	—	—	
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	Er = 166	Yt = 173.2	—	Ta = 182	W = 184	—	Os = 191, Ir = 192.3, Pt = 194.3, Au = 196.7.
11	(Au) = 196.7	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	—	—	
12	—	—	—	Th = 232	—	U = 240	—	

Fig. 10. Tabla periódica publicada en 1898 (nótese la ausencia del grupo de los gases nobles).

	Group I. alkali Gases.	Group II. A	Group III. B	Group IV. A	Group V. B	Group VI. A	Group VII. B	Group VIII. A	Group IX. B
1st short, or typical, period	He	(H)	Li	Be	B	C	N	O	(F)
2nd short period	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	
1st long period (even series odd)	A	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe, Co, Ni
2nd long period (even series odd)	Kr	Rb	Sr	Ce	Pr	Nb	Mo	—	Ru, Rh, Pd
3rd long period (even series odd)	X	Cs	Ba	La	Ce	—	—	—	—
4th long period (even series odd)	—	—	—	Yb	Tl	Pb	Bi	—	—
5th long period (even series odd)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Oxygen compounds	—	R ₂ O	R ₂ O ₃	R ₂ O ₃	R ₂ O ₃	R ₂ O ₃	R ₂ O ₃	R ₂ O ₃	(R ₂ O ₃)
Hydrogen compounds	—	—	—	—	RH ₄	RH ₄	RH ₄	RH	—

Fig. 11. Tabla periódica publicada en 1907.

Siglo XX

Posteriormente, gracias a los trabajos de Joseph John Thomson (1856-1940) que descubrió el electrón, de Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) que descubrió los rayos X, de Antoine Henri Becquerel (1852-1908) que descubrió la radiactividad, de Ernest Rutherford (1871-1937) que descubrió el núcleo atómico y los protones, y de los esposos Marie Curie (1867-1934) y Pierre Curie (1859-1906), que estudiaron más a fondo la radiactividad y descubrieron el radio y el polonio, se tuvo una idea acerca de lo que existía en el interior de los átomos. Pero la radiactividad parecía empeorar la situación en lugar de mejorarla. Los elementos radiactivos se transmutaban, cambiaban espontáneamente unos en otros a una velocidad fija. El tiempo en el que la mitad del peso del elemento se transformaba en otro fue llamado "vida media". Los químicos se encontraban continuamente aislando nuevos elementos producto de estas transformaciones. Se sabía que el uranio, el torio y el actinio tenían cada uno una serie de transformaciones diferentes con una serie de productos diferentes en cada caso, pero todas las transmutaciones tenían como producto final al plomo. Esto hubiera decepcionado grandemente a los alquimistas, finalmente se había demostrado que era posible transmutar elementos, pero solamente obtenían plomo

a partir de otras cosas y no al revés. El problema fue mayor cuando notaron que tenían aislados más de 40 elementos de pesos diferentes y que sólo quedaban tres espacios en la tabla. La solución al problema la dio Frederick Soddy (1877-1956), quien afirmó que todos estos elementos eran variedades de unos cuantos elementos químicamente iguales y les correspondía el mismo lugar en la tabla periódica y los llamó "isótopos", que significa "en el mismo lugar". Pero la situación estaba lejos de ser comprendida en su totalidad y no se tenía una idea clara acerca de cómo podían existir átomos del mismo elemento que tuvieran diferente peso atómico.

A pesar de que ya se tenía una tabla periódica funcional y se empezaba a comprender la estructura de los átomos, todavía no se tenía ninguna prueba de cuál era el orden que seguían los elementos para acomodarse de la forma en la que estaban (fig. 12). Ciertamente no era su peso atómico lo que imponía el orden. La respuesta provino del estudio de la emisión de rayos X de cada elemento. El físico inglés Henry Gwyn-Jeffreys Moseley (1887-1915) realizó un estudio sistemático con todos los elementos y descubrió que la longitud de onda se hacía más pequeña para los átomos más pesados. Con estos resultados Moseley descubrió que a cada elemento se le podía asignar un número entero correspondiente al

SISTEMA PERIÓDICO DE LOS ELEMENTOS, DE D. I. MENDELEIEF									
Series	GRUPOS DE ELEMENTOS								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	—	Hidrógeno H = 1,0078	—	—	—	—	—	—	—
2	Helio He = 4,002	Litio Li = 6,94	Berilio Be = 9,02	Boro B = 10,82	Carbono C = 12,00	Nitrógeno N = 14,008	Oxígeno O = 16,000	Flúor F = 19,00	
3	Neon Ne = 20,18	Sodio Na = 22,997	Magnesio Mg = 24,32	Aluminio Al = 26,97	Silicio Si = 28,06	Fósforo P = 31,02	Azufre S = 32,06	Cloro Cl = 35,457	
4	Argón Ar = 39,94	Potasio K = 39,104	Calcio Ca = 40,07	Escandio Sc = 45,10	Titanio Ti = 47,90	Vanadio V = 50,95	Cromo Cr = 52,01	Manganeso Mn = 54,93	Hierro Cobalto Níquel Fe = 55,84 Co = 58,94 Ni = 58,69 (u)
5	—	Cobre Cu = 63,57	Cinc Zn = 65,38	Gaio Ga = 69,72	Germanio Ge = 72,60	Arsénico As = 74,96	Selenio Se = 79,2	Bromo Br = 79,916	
6	Criptón Kr = 82,9	Rubidio Rb = 85,45	Estroncio Sr = 87,63	Itorio It = 88,93	Circonio Zr = 91,22	Niobio Nb = 93,5	Molibdeno Mo = 96,0	—	Plutonio Rodio Paladio Ru = 101,7 Rh = 102,9 Pd = 106,7 (Ag)
7	—	Plata Ag = 107,88	Cadmio Cd = 112,41	Indio In = 114,8	Estañio Sn = 118,70	Antimonio Sb = 121,76	Telurio Te = 127,5	Iodo I = 126,93	
8	Xenón Xe = 130,0	Cesio Cs = 132,81	Bario Ba = 137,36	Lantano La = 138,9	Cerio Ce = 140,13	—	—	—	
9	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	—	Iterbio Yb = 173,5	—	Tantalio Ta = 181,5	Tungsteno W = 184,0	—	Osmio Iridio Platino Os = 190,9 Ir = 193,1 Pt = 195,23 (Au)
11	—	Oro Au = 197,2	Mercurio Hg = 200,61	Talio Tl = 204,39	Plomo Pb = 207,21	Bismuto Bi = 209,0	—	—	
12	Níquel Ni = 222	—	Radio Ra = 225,97	—	Torio Th = 232,12	—	Uranio U = 238,14	—	
Oxidos superiores que forman sales									
	R	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄
Combinaciones hidrogenadas									
				RH ₄		superiores RH ₃	gaseosas RH ₂	RH	

Fig. 12. Tabla periódica publicada en 1916.

	Group O.	Group I. A $\begin{pmatrix} 1 \\ H \\ 1 \end{pmatrix}$ B	Group II. A B	Group III. A B	Group IV. A B	Group V. A B	Group VI. A B	Group VII. A B	Group VIII.
1st short period (8 elements)	2 He 4	3 Li 7	4 Be 9	5 B 11	6 C 12	7 N 14	8 O 16	9 F 19	
2nd short period (8 elements)	10 Ne 20	11 Na 23	12 Mg 24	13 Al 27	14 Si 28	15 P 31	16 S 32	17 Cl 35.5	
1st long period (18 elements)	18 Ar 40	19 K 39	20 Ca 40	21 Sc 45	22 Ti 48	23 V 51	24 Cr 52	25 Mn 55	26 Fe 56 27 Co 59 28 Ni 59
		29 Cu 63.5	30 Zn 65	31 Ga 70	32 Ge 72	33 As 75	34 Se 79	35 Br 80	
2nd and long period (18 elements)	36 Kr 83	37 Rb 85	38 Sr 87.6	39 Y 89	40 Zr 90.7	41 Nb 93.1	42 Mo 96	43 — ?	44 Ru 101.7 45 Rh 103 46 Pd 106
		47 Ag 108	48 Cd 112	49 In 115	50 Sn 118	51 Sb 120	52 Te 127.5	53 I 126.9	
3rd long period (32 elements)	54 Xe 130	55 Cs 133	56 Ba 137	57 La 139	58 Ce 140	59 — ?	60 — ?	61 — ?	
		4	5	6	7	8	9	10	
				Fourteen rare earth elements					
		11	12	13	14	73 Ta 181	74 W 184	75 — ?	76 Os 191 77 Ir 193 78 Pt 195
		79 Au 197	80 Hg 200	81 Tl 204	82 Pb 207	83 Bi 208	84 Po 210 ?	85 — ?	
Oxygen compounds . . .	86 At 222	87 — ?	88 Ra 226	89 Ac ?	90 Th 232	91 U 238	92 U 238		
Hydrogen compounds . . .	—	R ₂ O	R ₂ O ₂	R ₂ O ₃	R ₂ O ₄ RH ₄	R ₂ O ₅ RH ₃	R ₂ O ₆ RH ₂	R ₂ O ₇ RH	

La respuesta al problema de cómo podían existir los isótopos llegó finalmente en 1932, cuando el físico inglés James Chadwick (1891-1974) descubrió el neutrón, una partícula que no tiene carga eléctrica y que pesa casi lo mismo que el protón.

número de cargas positivas en el núcleo y, por lo tanto, al número de electrones a su alrededor. Gracias a esto se demostró que efectivamente Mendeleiev tenía razón al acomodar los elementos en el orden en que los dispuso, puesto que estaban en el orden correcto de número atómico (fig. 13).

La respuesta al problema de cómo podían existir los isótopos llegó finalmente en 1932, cuando el físico inglés James Chadwick (1891-1974) descubrió el neutrón, una partícula que no tiene carga eléctrica y que pesa casi lo mismo que el protón. Y se entendió que en los isótopos lo que varía es el número de neutrones, que contribuyen sólo a la masa, sin alterar significativamente sus propiedades químicas.

El entendimiento final de la tabla periódica llegó con el físico danés Niels Henrik David Bohr (1885-1962), quien construyó una teoría que acomodaba los electrones en orbitales y niveles de energía. En cada orbital se podían

colocar sólo dos electrones y cada nivel tenía diferente número de orbitales. De esta manera se pudo entender el arreglo periódico de los átomos y se comprendió por qué los elementos se colocan en periodos de diferente longitud. Puesto que el comportamiento químico de un átomo está dominado por sus electrones más externos, explicar su acomodo explica sus propiedades. Así, a cada periodo le corresponde un nivel de energía y a cada bloque de elementos le corresponde un tipo de orbitales. La tabla periódica finalmente estaba siendo comprendida. Los elementos de las tierras raras finalmente ocuparon un lugar lógico como un grupo con un tipo particular de orbitales y tendrían la misma categoría que los elementos actino, torio, protactinio y uranio. Con esta idea se decidió cambiar el nombre a este grupo de elementos, llamando "lantánidos" a los que corresponden a la serie que comienza con el lantano, y "actinidos" a la que comienza con actino.

En el siglo XIX, a pesar de que ya se tenía una tabla periódica funcional y se empezaba a comprender la estructura de los átomos, todavía no se tenía ninguna prueba de cuál era el orden que seguían los elementos para acomodarse de la forma en la que estaban.

Pero aún quedaban huecos por llenar en la tabla periódica. Afortunadamente ya se sabía lo suficiente de los elementos como para poder fabricar los que nos faltaban. El elemento con número atómico 43 fue fabricado en un acelerador de partículas en la Universidad de California por Ernest Orlando Lawrence (1901-1958) e identificado por el químico italiano Emilio Gino Segrè (1905-1989). Todos los isótopos de este nuevo elemento eran radiactivos y el más estable tenía una vida media de 200000 años, por lo que cualquier cantidad que hubiera al inicio de la formación de nuestro planeta ya ha desaparecido. El nombre asignado a este elemento es "tecnecio", que significa "artificial", puesto que fue el primero fabricado por el ser humano.

El último metal alcalino, el francio, fue descubierto en la naturaleza entre los productos de desintegración del actinio, pero se encuentra en tan poca cantidad que para estudiarlo es preferible prepararlo en un acelerador de partículas, que aislarlo de una fuente natural. De hecho nunca se ha obtenido suficiente francio como para poder verlo. Posteriormente se prepararon el astato (que significa "inestable") y el prometio (por Prometeo, el hombre que robó el fuego a los dioses del Olimpo).

Con esto se llenaron finalmente los huecos en la tabla periódica y el uranio era el elemento número 92. Pero éste no era el límite, se debería poder fabricar la serie completa de los actínidos. Y así se hizo. El último elemento de esta serie, el lawrencio, fue sintetizado en

1961 en la Universidad de California. Los nuevos elementos, más que representar algún interés para los químicos, son de gran interés para probar las teorías atómicas que proponen los físicos. El último elemento sintetizado en el año 2000, con número atómico 116 y peso atómico 292 decayó al elemento 114 en 47 milisegundos.

La tabla periódica de Mendeleiev ha sufrido pocos cambios desde su creación. La modificación más significativa, después de la adición del grupo de los gases nobles y los grupos correspondientes a los lantánidos y actínidos, ha sido la forma en la que se representa. La presentación actual, conocida como "forma larga", se comenzó a utilizar desde finales de los años de la década de 1930. La forma actual tiene muchas ventajas e ilustra mejor las relaciones entre los elementos y sus propiedades, como la tabla presentada en la figura 14.

Indudablemente, la tabla periódica es la herramienta fundamental para el estudio de los elementos químicos. Su historia es la historia de la química. Lo más sorprendente es que Mendeleiev fuera capaz de hacerla mucho antes que los químicos tuvieran una idea de cuáles eran las entidades fundamentales que le daban sentido. No forzó a los elementos a acomodarse en una tabla, dejó que los elementos formaran la tabla. Esta diferencia fue la clave de su éxito. ●

[Referencias]

- I. Asimov, *La búsqueda de los elementos*, RBA Editores, Barcelona, 1993.
J. Emsley, *Nature's Building Blocks*, Oxford University Press, Nueva York, 2003.
Horacio García Fernández, *Las huellas del átomo*, ADN Editores, Conaculta, Página 23, México, D. F., México, 2000.
Web Elements, <http://www.webelements.com>
Remsen, *An Introduction to the Study of Chemistry*, Henry Holt and Company, p. 23, Nueva York, 1898.
G. S. Newth, "A Text-Book of Inorganic Chemistry, Longmans", Green and Co., p. 23, Londres, 1907 y reeditado en 1926.
V. V. Xarvin, J. Mercadal Medina (trads.), "Química elemental moderna", Librería Internacional Romo, Madrid, 1916.
S. Escalante Tovar, A. Flores Parra, M. A. Paz Sandoval, M. J. Rosales Hoz, *La Tabla Periódica: Abecedario de la química*, Centro de Educación Química, México, 2005.

<http://pubs.acs.org/cen/80th/elements.html>.

Discurso Dra. Contreras Theurel



Dra. Rosalinda Contreras Theurel, Directora General del Cinvestav.

Discurso de la Dra. Rosalinda Contreras Theurel en ocasión de la ceremonia de entrega de diplomas a los estudiantes que obtuvieron el grado de Maestro o Doctor en Ciencias del Cinvestav, 25 de abril de 2006.

Dr. Reyes Tamez Guerra
Secretario de Educación Pública

Dr. Gustavo Chapela Castañares
Director General del Conacyt

Dr. Rafael López Castañares
Secretario General Ejecutivo de la Asociación Nacional de Instituciones de Educación Superior

Dr. José Luis Fernández Zayas
Coordinador General del Foro Consultivo Científico y Tecnológico

Dr. Adolfo Martínez Palomo
Coordinador General del Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia

Dr. José Mustre de León
Secretario Académico del Cinvestav

Dr. Luis Alfonso Torres Gómez
Secretario de Planeación del Cinvestav

Lic. Víctor Gutiérrez Lugo
Secretario Administrativo del Cinvestav



Ceremonia de Premios Rosenblueth.



Dr. Gustavo Chapela, Director del Conacyt; Dr. Alfonso Torres, Subdirector de Planeación (Cinvestav); Dra. Cecilia Montañez; Dr. Reyes Tamez, Secretario de Educación Pública y Dra. Rosalinda Contreras.

Queridos graduados que reciben su diploma en este día, distinguidos invitados de honor, jóvenes estudiantes y profesores de esta Casa de estudios, miembros de la comunidad del Cinvestav, señoras y señores:

En nombre del Cinvestav expreso a todos ustedes mi más cordial bienvenida en esta importante ceremonia de entrega de diplomas de maestría y doctorado a los estudiantes que se graduaron entre marzo de 2004 y febrero de 2006. En esta ceremonia recibirán sus diplomas 984 graduados, 344 doctores en ciencias y 640 maestros en ciencias.

Estas cifras representan los mejores resultados en la historia de nuestra institución, además son motivo de gran satisfacción porque también se corresponden con un mejor desempeño en tiempo de estudios y con una mayor calidad en la investigación.

Los graduados provienen de los 53 Programas de estudio del Cinvestav, todos reconocidos por el Conacyt como de alto nivel y 15 de ellos calificados como competentes a nivel internacional. Durante este periodo los estudiantes publicaron 1280 artículos científicos en las revistas de mayor prestigio y circulación mundial, ganaron 40 reconocimientos nacionales e internacionales, entre ellos cuatro premios Weizmann a la mejor tesis doctoral en las áreas de Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias de la Ingeniería y Ciencias Sociales y Humanidades, lo cual deja constancia de la alta calidad de nuestros estudiantes. En las próximas semanas estaremos graduando al estudiante número 6000. El desempeño de nuestros estudiantes nos llena de orgullo y satisfacción, y estoy segura de que también al sistema de educación al que nos honramos en pertenecer.

Una revisión de los grupos de investigación destacados en las universidades mexicanas, en tecnológicos, en entidades paraestatales, en secretarías de Estado, en la Cámara de Diputados y en empresas privadas nos muestra el impacto que nuestros egresados tienen en México, particularmente en los estados donde su influencia está permitiendo el florecimiento de la ciencia y la tecnología. Más de la mitad de los



Cinvestav-Salttillo.

graduados del Cinvestav provienen de los estados de la República y regresan a ellos; además, gran parte de los graduados originarios de la Ciudad de México también se integran en esos lugares. Con esto, el Cinvestav se convierte en el Sistema que la Secretaría de Educación Pública tiene para impulsar el desarrollo regional en ciencia y tecnología.

En esta ceremonia también entregaremos los premios Arturo Rosenblueth a los estudiantes que realizaron las mejores tesis en su especialidad, estos premios tienen un gran significado, los han ganado estudiantes brillantes, que son una muestra del talento Cinvestav, aunque seguramente muchos otros de nuestros egresados son también merecedores de estos premios. Estoy segura de que los premiados los recibirán también a nombre de sus compañeros que rindieron su mayor esfuerzo en su formación en esta Casa de estudios. Los premios significan el reconocimiento del Cinvestav a sus valores más preciados: a los jóvenes investigadores que han realizado su trabajo con la más alta calidad, que lo hicieron en la búsqueda de la verdad, con la objetividad y la creatividad necesarias para la generación de los nuevos conocimientos.

El premio Arturo Rosenblueth 2005 en Ciencias Biológicas y de la Salud es para la Dra. Lucrecia Márquez Rosado, originaria de Cosamaloapan, Veracruz, quien estudió la carrera de Médico Cirujano en la Universidad Veracruzana, e hizo la Maestría y el Doctorado en Ciencias en Biología Celular en el Cinvestav con la tesis "Efecto del celecoxib, un inhibidor selectivo de ciclooxigenasa-2 (COX-2)", bajo la dirección del Dr. Saúl Villa Treviño. Actualmente realiza una estancia posdoctoral en el Fred Hutchinson Cancer Research Center en Seattle, Estados Unidos.

En Ciencias Exactas y Naturales el premio es para la Dra. Sara Guadalupe Cruz y Cruz, originaria de Tizatlán, Tlaxcala, quien estudió la Licenciatura en Física en la Universidad Autónoma de Puebla, e hizo la Maestría y el Doctorado en Ciencias en Física en el Cinvestav con la tesis "Esquemas cuánticos de Floquet: espectros y operaciones", bajo la dirección del Dr. Bogdan Mielnik Manwelow. Actualmente es profesora en el Instituto Politécnico Nacional.



Cinvestav-Guadalajara.



Cinvestav-Mérida.

El premio Arturo Rosenblueth en Ciencias Sociales y Humanidades lo obtuvo la Dra. Ivonne Twigg Sandoval Cáceres, originaria de Málaga, Colombia, quien estudió la Licenciatura y una especialidad en Matemáticas y Computación en la Universidad de Pamplona, Colombia, y estudió la Maestría y el Doctorado en Ciencias en Matemática Educativa en el Cinvestav con la tesis "Estrategias argumentativas en la resolución de problemas geométricos en un ambiente dinámico", bajo la dirección del Dr. Luis Moreno Armella. Actualmente es Asesora Académica en el Programa Enciclomedia en el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE), y nos da gusto que el Programa Enciclomedia incorpore a nuestros mejores talentos.

El premio Arturo Rosenblueth en Tecnología y Ciencias de la Ingeniería lo obtuvo el Dr. Luis Josué Ricalde Castellanos, originario de Mérida, Yucatán, donde estudió Ingeniería Mecánica en el Instituto Tecnológico de Mérida, e hizo la Maestría y el Doctorado en Ciencias en Control Automático en la Unidad Guadalajara del Cinvestav con la tesis "Control neuronal adaptable óptimo inverso con restricción en las entradas", bajo la dirección del Dr. Edgar Nelson Sánchez Camperos. Actualmente es profesor investigador en la Universidad Autónoma de Guadalajara.

A nuestros 984 graduados, a nuestros cuatro premios Rosenblueth, a sus familiares, a sus profesores, a los miembros de sus grupos de trabajo, a sus departamentos y unidades les damos una felicitación muy entusiasta y les deseamos un futuro lleno de satisfacción personal, de éxito y que dediquen su vocación de investigadores para trabajar por el bien de México, nuestro país los necesita, son ustedes los que pueden hacer los cambios para el progreso de México.

Hoy es, sin duda, un gran día para nuestra institución, ya que celebramos las cuentas cumplidas con nuestra juventud, así como también el cuadragésimo quinto aniversario del Cinvestav, edad que nos encuentra con un renovado entusiasmo. El Cinvestav tiene conciencia de que es necesario trabajar cada día como si fuera el primero, que los temas de

investigación tienen que ser renovados constantemente, que los programas de estudio deben revisarse y actualizarse frecuentemente, y que debemos buscar siempre el liderazgo científico y tecnológico. Esto requiere del trabajo intenso, del compromiso intelectual, y de honestidad y de entrega de todos los que formamos el Cinvestav.

Decía nuestro fundador el Dr. Arturo Rosenblueth, hace 45 años, que el Cinvestav había sido creado para dar a México la oportunidad de tener una institución sana que pudiera dedicarse íntegramente a la formación de líderes y al cultivo de la ciencia y la tecnología, y que esta institución era una respuesta para luchar contra la mediocridad, el conformismo, el chambismo y el ausentismo, que plagaban los grupos de investigadores en esa época. Me parece que esos propósitos siguen vigentes, y mientras los preservemos aseguraremos nuestra oportunidad en el futuro.

Nuestro Consejo Académico Consultivo prepara un documento que contendrá la planeación de la institución para los siguientes años, que nos asegurará que la experiencia de los primeros 45 años nos servirán para corregir errores y también, como corresponde a una institución formada por el talento, que habremos de usarla para labrar un futuro exitoso que permita a nuestra institución competir en los grandes proyectos con modernidad y ambición, además de ser el espacio de los jóvenes estudiantes y profesores.

Señor Secretario, Dr. Reyes Tamez, en años anteriores esta ceremonia había sido un foro para externar nuestra preocupación en relación con los asuntos financieros. Hoy me es muy grato dar a usted, en nombre de todo el Cinvestav, nuestro mayor reconocimiento por su valiosísimo apoyo, no solamente en términos financieros, sino también por su invaluable respaldo que ha permitido que el Cinvestav no sólo desempeñe sus tareas cotidianas con mejores recursos, sino porque gracias a su visión, compromiso y apoyo nos ha permitido emprender nuevos e importantes proyectos de desarrollo, como la creación y puesta en marcha del Laboratorio Nacional de Genómica, en el



Cinvestav-Monterrey.



Cinvestav-Querétaro.

ahora Campus Guanajuato, que alberga, en nuestra opinión, lo que será el proyecto científico más importante del sexenio y que, entre otras cosas, consiste en la determinación del genoma del maíz, que esperamos entregar al pueblo de México, a través del Sr. Presidente Fox en el mes de septiembre próximo; la Estación Marina y Oceanográfica de Telchac, en la costa de Yucatán, que formará parte del Campus Yucatán; el nuevo Campus Coahuila, que estará terminado en unos meses más y que ha aumentado sus grupos de investigación para atender nuevos retos, como la energía, la robótica industrial, el carbón y los recursos minerales; el nuevo Campus en Zapopan, Jalisco, que alberga a uno de nuestros grupos de ingeniería electrónica, diseño y telecomunicaciones, y que esperamos que sea pronto inaugurado por usted y por el Sr. Presidente; la nueva Unidad Cinvestav en Monterrey, que estará situada en el Parque de la Innovación Tecnológica; el nuevo Laboratorio de Tecnologías de la Información en Ciudad Victoria. Señor Secretario, por estos logros, entre otros muchos proyectos científicos que nos ha ayudado a impulsar, le doy las gracias en nombre de nuestra comunidad y en el mío propio.

También queremos aprovechar para agradecer al Conacyt por el apoyo permanente que nos ha brindado desde su fundación. Anualmente nos ha procurado recursos para los proyectos de investigación, las becas de la casi totalidad de nuestros estudiantes y los estipendios del SNI. Estos apoyos económicos, junto con el presupuesto que nos asigna la SEP, han permitido que nuestra institución sea competitiva a nivel nacional e internacional, y han permitido la colaboración académica, científica y tecnológica, no sólo con innumerables grupos en México sino también con los países más fuertes en ciencia y tecnología.

En estos años políticamente difíciles es muy importante dar un reconocimiento a la Cámara de Diputados que entendió nuestro desempeño y la importancia estratégica de los estudios de posgrado y la investigación y se comprometió con nosotros. Hemos de agradecer a los diputados de las diversas fracciones

parlamentarias por su invaluable apoyo. A los diputados Julio César Córdova, Salvador Martínez de la Roca, Eloísa Talavera, Consuelo Camarena, Ulises Adame y Víctor Alcerreca, entre otros, por su especial consideración al Cinvestav.

Debemos mencionar también el apoyo de varias secretarías de Estado, como Sagarpa, Semarnat, Economía, Hacienda, Salud, entre otras, por creer en nuestro trabajo y otorgarnos su confianza para desarrollar proyectos conjuntos. En particular, deseo externar nuestro agradecimiento a los gobiernos de los estados donde trabaja el Cinvestav: Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Jalisco, Guanajuato, Querétaro y Yucatán, a sus gobernadores, a sus equipos de trabajo, a los consejos de ciencia y tecnología estatales por su amistad y su generosa colaboración.

Agradezco a las agencias nacionales, americanas y europeas por el apoyo financiero que nos han otorgado para realizar exitosamente la misión Cinvestav.

A mis colegas profesores, a los estudiantes, a los auxiliares de investigación y demás personal de este centro les agradecemos su empeño y les decimos que nunca como ahora se necesitará de todos ustedes mayor compromiso y solidaridad, no sólo con la institución que paga nuestros salarios y nos provee de los recursos materiales necesarios para que nuestra creatividad florezca, sino también con México. Los problemas que nuestro país vive diariamente pueden ser solucionados si nos esforzamos en ser mejores, más eficientes, más comprometidos. Esto no quiere decir que haya que abandonar los paradigmas de la creación científica, sino simplemente ponerlos también a disposición de la sociedad que nos recompensa siempre tan generosamente.

Queridos estudiantes los felicitamos de todo corazón y depositamos en ustedes nuestra confianza y esperanza para rendir su mayor esfuerzo y profesionalismo a nuestro país y a incrementar el prestigio de este centro de estudios.

Enhorabuena y muchas gracias.

Dra. Rosalinda Contreras Theurel

Reseña del libro

Las matemáticas, perejil de todas las salsas

DE RICARDO BERLANGA, CARLOS BOSCH Y JUAN JOSÉ RIVAUD

Martha Rzedowski Calderón

El diccionario de la Real Academia Española dice que la expresión "el perejil de todas las salsas" es despectiva y coloquialmente usado sobre todo para referirse a la persona amiga de figurar, que aparece en todas partes y se entromete en todo. Siempre quiere ser el perejil de todas las salsas.

En la contraportada del libro que hoy comento *Las matemáticas, perejil de todas las salsas*, de Ricardo Berlanga, Carlos Bosch y Juan José Rivaud, se empieza a comprender un tanto la razón de haber elegido tal título:

"¿Qué es lo que hace un matemático? ¿No están ya hechas todas las Matemáticas? ¿Acaso existen problemas matemáticos sin resolver? ¿Cómo se hace la investigación en las Matemáticas? Las preguntas anteriores son el punto de partida de los autores para reflexionar e intentar subsanar el hecho de que, aunque las Matemáticas ocupan el mayor número de horas en los programas de educación, los profesores no han podido comunicar a los alumnos que las Matemáticas las hacen seres humanos y son, además, una de las disciplinas científicas más vigorosas y activas, cuyo campo de acción crece día con día."

Dicha comprensión va aumentando al ir avanzando en la lectura del libro.

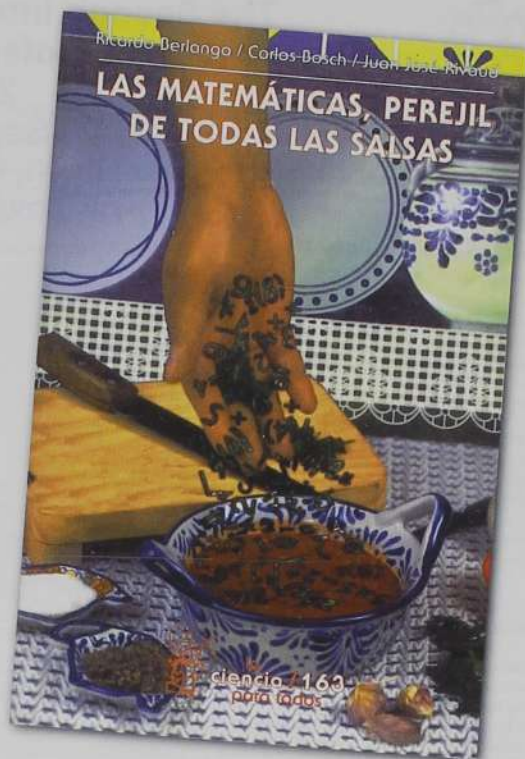
En la introducción se señala que las Matemáticas son mucho más que un lenguaje que facilita el planteamiento de problemas, son el marco de referencia que permite plantear las ideas centrales en las que se basan diversas disciplinas para su desarrollo. Se hace notar que las Matemáticas no son fáciles ni triviales, y que precisamente por eso nos interesan y pueden llegar a apasionarnos; entender es una de las cosas que nos producen mayor placer, y esto sucede porque no es fácil y requiere un esfuerzo de nuestra parte.

En el primer capítulo, "Las Matemáticas: mostrar y demostrar", se analizan diversos problemas, el de la cuadrícula y las fichas de dominó, el del granero en llamas y otros varios. De mi particular predilección son la presentación del problema de maximizar el área de rectángulos de perímetro dado (sin usar cálculo diferencial) y una versión actualizada del problema de obtener la suma de los primeros n números naturales, estrategia atribuida por algunos a Gauss niño,¹ a saber:

MARTHA RZEDOWSKI CALDERÓN Investigadora Titular del Departamento de Control Automático. Sus temas de investigación se encuentran dentro de la Teoría Algebraica de Números, entre ellos están el problema inverso de la Teoría de Galois, la representación de diferenciales holomorfas y

las extensiones de campos con ramificación controlada. También son de su interés la historia, la filosofía y la divulgación de las matemáticas. mrzedowski@ctrl.convestav.mx

Fondo de Cultura Económica
Colección La Ciencia para Todos
Primera Edición 1999
Cuarta Edición 2003
118 pp.



$$\begin{array}{rcl}
 S_n & = & 1 + 2 + 3 + \dots + n-2 + n-1 + n \\
 S_n & = & n + n-1 + n-2 + \dots + 3 + 2 + 1 \\
 \hline
 2S_n & = & n+1 + n+1 + n+1 + \dots + n+1 + n+1 + n+1
 \end{array}$$

Luego $S_n = n(n+1)/2$, hecho muy conveniente de conocer, sobre todo si el número n es bastante grande. La última sección es una interesante colección de reflexiones acerca de la resolución de problemas.

"El que parte y reparte se queda con la mejor parte" es el título del segundo capítulo, en el que se trata el importante problema del reparto. Se ha de repartir un pastel, una herencia, un territorio, etc., entre dos o más interesados, y repartir de manera que todos queden satisfechos con su parte. En la última sección se enfatiza que este problema se encuentra dentro de las nuevas áreas de las matemáticas que se aplican a las ciencias sociales.

El tercer y último capítulo "Sólidos sobre una hoja de papel" es el más extenso. Se tratan en él la Geometría desde un punto de vista histórico, la perspectiva en el arte, la Geometría proyectiva (teorema de Desargues) y la Cartografía (atlas, mapas y proyecciones).

Como puede observarse, la original portada es compatible con el título del libro. Su lectura es amena y la amplia bibliografía es muy completa. En la contraportada se expresa la intención de los autores de dirigir su obra a un público muy amplio:

"Existen libros excelentes de divulgación de las matemáticas, pero el problema es que pertenecen a un nivel: el de las personas enteradas y dueñas de una cultura científica. Uno de los intereses principales de los autores de este libro es dirigirlo a un público más amplio: niños, adolescentes, adultos y personas de la tercera edad."

En mi búsqueda por Internet de asuntos vinculados al libro encontré que *1001 libros de la ciencia* lo clasifica como de nivel de dificultad intermedio. También, pude constatar la gran difusión y aceptación de la obra en el mundo de habla hispana, aparece frecuentemente en la lista de referencias de cursos, artículos y textos, y como nueva adquisición en bibliotecas. ●

[Referencias]

1. Boyer, Carl B., A History of Mathematics, Wiley, 1968.



The Second International Meeting on Environmental Biotechnology and Engineering 2IMEBE

26-29 September, 2006

Auditorium Rosenblueth, CINVESTAV, Mexico City, Mexico
www.cinvestav.mx/2IMEBE

OBJECTIVES

The Second International Meeting on Environmental Biotechnology And Engineering (2IMEBE) will be held in September 26-29, 2006, in Mexico City, Mexico. The 2IMEBE is a forum where international and national experts will present and discuss innovative approaches and technologies for pollution control and prevention, as well as environmental impact and sustainability.

The main activities of the 2IMEBE will consist of:

- Guest Conferences
- Oral Sessions
- Poster Sessions
- Roundtables
- Short Courses
- Competition of Best Presentations
- Competition of Best Graduate Thesis 2004-2006

THEMES

Papers on all aspects of Environmental Biotechnology and Environmental Engineering disciplines will be presented:

- Soil and Sediment Remediation
- Aquifer Remediation
- Solid Waste Management and Treatment
- Hazardous Waste Management and Treatment
- Microbial Ecology
- Molecular Biology Applications to Environmental Problems
- Wastewater Treatment: Management, Processes, Reclamation, Reuse, Appropriate Technologies
- Environmental Chemistry
- Sustainable Development
- Risk Assessment and Environmental Impact
- Control and modelling of environmental processes
- Environmental Education

ORGANIZING COMMITTEE AND INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE

The 2IMEBE is organized by a consortium of first rate Mexican and International Institutions: IRD, CINVESTAV-IPN, UPP, UAH, UNAM, UAM, Col. Postgraduate, IPN, and TESE.

The activities of the 2IMEBE are supported by an outstanding International Scientific Committee with researchers and practitioners of international recognition:

- Dr. Didier Alazard, IRD-Mexico, México.
- Dr. Cecilia M. Arraiano, University of Nova Lisboa, Portugal
- Dr. Franco Cecchi, Professor, University of Verona, Italy
- Dr. Eugenio Foresti, Emeritus Professor, University of Sao Paulo, School of Sanitary Engineering and Hydraulics, Sao Paulo, Brazil.
- Dr. James Field, Professor, University of Arizona, USA
- Dr. Serge Guiot, Biotechnology Research Institute of Canada, Montreal, Canada
- Dr. Hervé Macarie, Sr. Researcher, IRD-Marseille, France.
- Dr. Asa Malmqvist, Anox and Lund University, Sweden.
- Dr. René Moletta, Research Director, INRA, France

- Dr. Paolo Pavan, Professor, University of Venice, Italy
- Dr. Danny Reible, Director of the EPA Center for Hazardous Substance Research South West and Professor, University of Texas at Austin, USA
- Dr. José L. Sanz, Professor, Universidad Autónoma de Madrid, Spain
- Dr. Isabel Sastre-Conde, DGAIB, Palma de Mallorca, Spain
- Mr. Kit Strange, Editor, Warner Bulletin, UK
- Dr. Louis Thibodeaux, Emeritus Professor and Former Director of the EPA CHSR-South West, Louisiana State University, USA
- Dr. Giovanni Vallini, University of Verona, Verona, Italy
- Dr. Irene Watson-Craik, University of Strathclyde, Scotland, UK.
- Dr. Marcelo Zaiat, University of Sao Paulo, School of Sanitary Engineering and Hydraulics, Sao Paulo, Brazil.
- Dr. Daniel Zitomer, Marquette University, USA.

PUBLICATION

- Official languages: Spanish, English, Portuguese
- Oral and poster presentations will be published in the Proceedings of the 2IMEBE, in CD format with ISBN
- Selected oral and poster presentations will be submitted to international journals *Waste Management and Research* (ISWA), *Water Environment and Research* (Water Environment Federation, USA), *Engineering in Life Sciences* formerly *Acta Biotechnologica* (John Wiley, Germany), and *Interciencia* (the Journal of Science and Technology of the Americas, Interciencia Association) for review and publication

REGISTRATION

Registrations fees (in US dollars, or its equivalent in Mexican Pesos) to the Meeting are as follows:

	Paid after June 30, 2006
Industry	550.00
Government/Academic	250.00
Student	125.00

SHORT COURSES

	Student rates US\$
Applied Statistics and Design of Experiments For Environmental Problems	75.00
Molecular Biology for Environmental Research	100.00

INFORMATION

Prof. E. Rios-Leal or Dr. Héctor M. Poggi-Valardo, CINVESTAV-IPN, Dept. of Biotechnology and Bioengineering, Ave. IPN No. 2508 c/ Ave. Ticomán, Col. San Pedro Zacatenco, Mexico DF, 07320, Del. G. A. Madero, Mexico.

Telephone: 5255 5061 3800 ext 4324 and 4339
Fax: 5255 5747 3313
E-mail: imebe2@yahoo.fr
Webpage: www.cinvestav.mx/2IMEBE



Noticias Cinvestav

Nombramientos

Directores de Unidad

Dr. José Luis Leyva Montiel (renovación)
Cinvestav-Guadalajara

Jefe de Departamento

Juan José Peña Cabriales (renovación)
Biología y Bioquímica
Unidad Irapuato

Coordinadores académicos

Dr. Gabriel López Castro
Física
Dr. Felipe de Jesús González Bravo
Química

Nuevos miembros de la AMC

Dr. Eduardo José Bayro Corrochano
Investigador Titular
Unidad Guadalajara

Dr. José Oscar Rosas Ortiz
Investigador Titular
Departamento de Física

Dra. María de la Luz del Razo Jiménez
Investigadora Titular
Sección Externa de Toxicología

Dr. Fernando José Esparza García
Investigador Titular
Departamento de Biotecnología y Bioingeniería

Dra. Ana Carmela Ramos Valdivia
Investigadora Titular
Departamento de Biotecnología y Bioingeniería

Dr. José Víctor Segovia Vila
Investigador Titular
Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias

Dr. Eduard Johann Weiss Horz
Investigador Titular
Departamento de Investigaciones Educativas

Trainee Award, Organizing Comitee, 2006 Lactoferrin Conference & ASM Student y Post Doctoral Travel Grant
Distinciones conferidas a la Dra. Nidia Maribel León Sicarios, estudiante del Departamento de Biología Celular, por la investigación intitulada "Microbicidal mechanism of lactoferrin and lactoferricin B and their synergistic effect with metronidazole in *Entamoeba histolytica*", en el 7th International Conference on Lactoferrin: Structure, Function and Applications, que se llevó a cabo en Hawai, EUA, en marzo de 2006. La tesis tuvo como tutora a la Dra. Mireya de la Garza Amaya.

ASM Student Travel Grant

Premio otorgado a la Bióloga Ruth Reyes Cortés, estudiante del Departamento de Biología Celular, por la American Society for Microbiology (ASM), en distinción al resumen: "Bacteriophages specific to *Pasteurella multocida* D", en la ASM Conference on Pasteurellaceae 2005, que se llevó a cabo en Hawai, EUA, en marzo 2006. La tesis tuvo como tutora a la Dra. Mireya de la Garza Amaya.

Student Award for Outstanding Presentation in Risk Assessment, Specialty Section & Graduate Student Travel Award

Reconocimientos obtenidos por la M. en C. Olga Lidia Valenzuela Limón, estudiante de Doctorado de la Sección Externa de Toxicología, por la investigación "Relation of urinary metabolites of inorganic arsenic with transforming growth factor alpha concentration in bladder urothelial cells from a population environmentally exposed to inorganic arsenic", presentado en el 45º Congreso Anual de la Sociedad de Toxicología de Estados Unidos, que se llevó a cabo en San Diego, CA, EUA, y que fue dirigida por la Dra. Ma. de la Luz del Razo Jiménez.

Premio Martín de la Cruz

El Dr. Rafael Villalobos Molina, investigador del Departamento de Farmacobiología, fue distinguido con el Premio de Investigación Química y Biología Aplicada al Conocimiento en el Desarrollo de Fármacos, que otorga el Consejo de Salubridad General en reconocimiento por la contribución de su trabajo en favor de la salud de la población mexicana.

Hispanic Organization for Toxicologists Scientific Achievement Award

Ana Belém Piña Guzmán, estudiante de Doctorado de la Sección Externa de Toxicología, obtuvo dicha distinción por su trabajo "Methyl-parathion induces sperm DNA damage in mice", presentado en el 45º Congreso Anual de la Sociedad de Toxicología de Estados Unidos, que se llevó a cabo en San Diego.

Keith F. Killam Jr. Memorial Award

En reconocimiento por sus contribuciones en el Área de Farmacología, el Dr. Vinicio Granados Soto, investigador del Departamento de Farmacobiología, fue distinguido con el Keith F. Killam Jr. Memorial Award, premio que otorga la Western Pharmacology Society otorga a jóvenes investigadores.

Contribuciones

Las contribuciones para la revista *Cinvestav* deberán enviarse a las oficinas centrales o a la dirección de correo electrónico: msantos@cinvestav.mx

Textos

- En formato de Word con extensión .doc o .rtf, vía correo electrónico o en CD-ROM.
- Cuando se trate de artículos de investigación la extensión máxima será de 15 cuartillas, en cuanto a los artículos de difusión serán de 10 cuartillas, y para Noticias será de 50 palabras cada uno.
- Si el texto incluye tablas, éstas se entregarán en archivo por separado, en texto corrido y con una impresión adjunta que muestre la forma en que debe quedar la tabla. Además, se debe indicar en el original la ubicación de éstas. La indicación también es válida para esquemas y cuadros.
- Todo artículo requiere de proporcionar ilustraciones o fotografías para su inserción (ver especificaciones).
- Las notas deberán incluirse al final del trabajo, antes de la bibliografía o de las referencias debidamente numeradas.
- Las referencias deben apegarse a los modelos siguientes:

Libro:

Wiener, Norbert, *Cibernética: o el control y la comunicación en animales y máquinas*, Barcelona, Tusquets, 2003.

Artículo de revista:

Ádem, José, 1991, "Algunas consideraciones sobre la prensa en México", en *Avance y Perspectiva*, vol. 10, abril-junio, pp. 168-170.

Se sugiere que las referencias sean cuidadosamente revisadas por los autores y que los títulos de los artículos y los nombres de las publicaciones no se abrevien. Todos los textos deben incluir el nombre del autor, grado académico, adscripción y cargo que desempeña, teléfono y correo electrónico.

Imágenes y Gráficas

Las fotografías e imágenes que se envíen para ilustrar los textos deberán venir en archivos por separado tipo JPG o TIFF, a 300 dpi de resolución con tamaño de 20 cm de base (como mínimo). Las imágenes que se envíen de cámaras digitales deberán haber sido tomadas con la máxima resolución que tenga ésta.

NO SE ACEPTARÁN IMÁGENES DE INTERNET.

Cinvestav

revista@cinvestav.mx
T/F (55) 50 61 33 71
www.cinvestav.mx/publicaciones
Av. Instituto Politécnico Nacional 2508
San Pedro Zacatenco, C.P. 07360
México, DF, México

[Nota]

En breve aparecerá una versión electrónica de la revista *Cinvestav* donde los lectores tendrán la oportunidad de contribuir con sus reflexiones acerca de los temas que se abordan en los artículos.

POR TODO LO QUE DEPENDE DE ELLOS,
TENEMOS A LOS PILOTOS MÁS EXPERIMENTADOS DEL MUNDO.



Capacitados constantemente en los simuladores más avanzados del mundo, nuestros pilotos son hoy en día, reconocidos internacionalmente por sus experimentadas trayectorias; por algo otras aerolíneas capacitan a sus pilotos con nosotros.

MEXICANA 
La primera siempre será la primera.

El Cinvestav en fotos



Cinvestav-Querétaro