

elementos

Revista de Ciencias Exactas, Naturales y Aplicadas

Marie-Antoinette

N.º 16

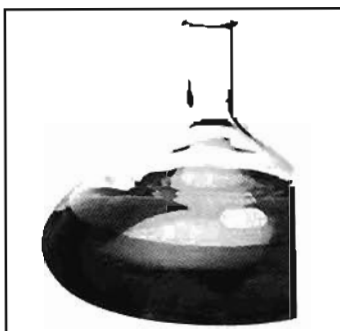
Madame Roland

Rose

Madame de Staël

Thérèse

S · U · M · A · R · I · O



ELEMENTOS

Revista de Ciencias Exactas,
Naturales y Aplicadas

No. 16, Vol.2, Julio de 1992

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE PUEBLA

Rector
Lic. José Dóger Corte

Secretario General
Lic. Víctor Espíndola Cabrera

*Vicerrector de Investigación
y Estudios de Postgrado*
M. C. Enrique Dóger Guerrero

Director
Dr. Enrique Soto Eguibar

Consejo Editorial
Beatriz Eugenia Baca
Ma. de la Paz Elizalde González
Enrique González Vergara
Julio Mendoza Álvarez
Hugo Navarro Castañeda
Francisco Pellicer Graham
Leticia Quintero Cortés
Jesús Reyes Corona †
Luis Rivera Terrazas †
Raúl Serrano Lizaola
Cristóbal Tabares Muñoz
Gerardo Torres del Castillo

Editor
Marcelo Gauchat

Formación
Jorge González Aragón

Portada
Anselm Kiefer

3

EL FLÚOR: ESBOZO HISTÓRICO DE SU
AISLAMIENTO

René Gutiérrez P.

10

LOS SUEÑOS

Julio Glockner

16

FILTROS PARA OBSERVACIÓN SOLAR

José Luis Morán López
• *Hugo Navarro Contreras*

24

LA NUEVA Y SORPRENDENTE QUÍMICA
DEL CARBONO: LOS FULLERENOS

José Antonio Guevara García
Aarón Pérez Benítez
Enrique González Vergara

29

¿CUÁNTO VALE EN REALIDAD
LA INVESTIGACIÓN BÁSICA?

José P. Segundo

33

ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE
PLAGAS AGRÍCOLAS

Leticia Alpuche Gual

38

EL ÓXIDO NÍTRICO COMO MENSAJERO
DE LA COMUNICACIÓN INTERCELULAR

Enrique Soto

41

CARLOS GRAEF FERNÁNDEZ

Eduardo Piña Garza

45

EN EPIDAURO

Henry Miller

49

LA CIENCIA HOY

49

Memoria natural y artificial

50

Avances recientes en
torno a la fisiopatología de
la Enfermedad de
Alzheimer

51

Origen del hombre en
América

52

¿Tiene la homosexualidad
una causa biológica?

53

Patentar la vida

54

Hoyo negro

EDITORIAL

Las publicaciones constituyen en la actualidad el principal medio, sino el único, de comunicación de la ciencia. En nuestro país son muchos los esfuerzos y, en general, pocos los resultados sólidos en el terreno de revistas científicas. Con la mano se cuentan las publicaciones científicas y de divulgación, y son pocas las que tienen tradición y prestigio. Es por esta razón que destaca especialmente la labor que hace años un grupo de universitarios inició en la Universidad Autónoma de Puebla la publicación de la revista *Elementos*.

Fue la dedicación de Jesús Mendoza Álvarez, director y fundador de esta revista, lo que ha permitido su aparición de manera regular, durante cuatro años. Diversas circunstancias determinaron que este esfuerzo se interrumpiera. Ahora, después de casi tres años de una irregular aparición, *Elementos* pretende iniciar una nueva etapa. Esperamos lograr una revista digna, que por sus características tenga la más alta consideración académica, y contribuya de manera significativa a la comunicación y divulgación científica en nuestro país.

EL FLÚOR: ESBOZO HISTÓRICO DE SU AISLAMIENTO

René Gutiérrez P.

Unidad de Investigación en Síntesis Orgánica
Escuela de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Puebla

*Has de ir lejos en tus averiguaciones
si quieres conocer el mundo;
has de sondear los negros abismos
si quieres conocer el Ser.
Sólo con fortaleza se alcanza el premio.
Sólo la plenitud otorga la sabiduría;
la verdad mora en las profundidades.*

Schiller

El flúor, gas verde-amarillento con número atómico 9 y peso atómico de 18.99, es el elemento más activo del grupo de los halógenos. Es una sustancia que, metafóricamente —y casi literalmente— hablando, “devora” todo lo que encuentra a su paso¹. En la historia de la Química se encuentran pocas páginas tan llenas de determinación y entrega como las relativas a la historia del aislamiento del flúor, ya que por su reactividad ocasionó que numerosos hombres de ciencia sufrieran serias intoxicaciones y en varios casos les produjo la muerte.

En este trabajo se presenta un esbozo histórico de los aspectos técnicos concernientes al vasto trabajo químico que se efectuó para aislar el flúor —una verdadera proeza que realizó finalmente el químico francés Henri Moissan, el 26 de junio de 1886— así como las fuentes bibliográficas y detalles que pueden ser considerados elementos relevantes para una historia formal de la Química^{1,2}.

Seguimiento histórico de los intentos infructuosos

La fluorita o espato de flúor (fluoruro de calcio) fue el primer mineral fluorado que se conoció ya desde la Edad Media. En 1529, el alemán Georgius

Agricola menciona cierto mineral que se aplicaba como fundente en las operaciones metalúrgicas³. Éste se fundía fácilmente y, cuando se mezclaba con otros minerales, facilitaba el proceso de fusión, con el consiguiente ahorro en tiempo y combustible. Por ello Agricola llamó a tal mineral *fluores*, del latín *fluere*, que quiere decir “fluir”. Después, se conoció como *fluor spar* (espato flúor), dado que *spar* es un antiguo vocablo alemán que se emplea para designar un mineral. Después se conocía como fluorita, que es su nombre actual².

Posteriormente, en 1670, un tallador de cristales, el alemán Heinrich Schwanhardt, descubrió que cuando trataba la fluorita con un ácido fuerte se producía un vapor que atacaba el vidrio^{1,4}. Inmediatamente se dio cuenta de sus posibilidades comerciales, y se dedicó a fabricar piezas de vajilla de cristal grabadas al agua fuerte. Recubría las piezas con barniz protector siguiendo algún diseño y dejaba que el vapor atacara las partes descubiertas, obteniendo piezas que causaron la admiración de sus coterráneos.

En 1768, Margraff estudió con cierto detalle la acción del aceite de vitriolo (ácido sulfúrico) sobre la fluorita⁵, pero no fue sino hasta 1771 que el sueco Karl

Scheele caracterizó el vapor que se producía⁶. Demostró que era un ácido, y lo llamó "ácido fluórico" (actualmente corresponde al ácido fluorhídrico). Scheele, como muchos químicos en ese entonces, tenía la costumbre de oler y probar cualquier sustancia nueva o desconocida, así que su muerte a la temprana edad de cuarenta y cuatro años, —después de haber pasado sus últimos años en una penosa invalidez— puede haberse debido a tan funesta costumbre, y esto es bastante probable si se consideran sus trabajos con el "ácido sueco" (así fue como durante algún tiempo se conoció al ácido fluórico)².

Durante algún tiempo la naturaleza del ácido se mantuvo confusa; surgieron algunas controversias entre químicos notables de ese tiempo (Bergmann, Wiegand, Bucholz y Meyer, entre otros), motivadas por el descubrimiento de Scheele, pero con el transcurso del tiempo fue formándose la opinión de que se trataba de un nuevo elemento químico. A tal opinión contribuyó en gran medida A. Lavoisier, quien lo incluyó en su *Tratado elemental de Química* como "radical fluorique"⁷, es decir, como cuerpo simple.



Henri Moissan (1852-1907)

La pureza del ácido fluorhídrico que se podía obtener era muy baja y sólo fue hasta 1809 que J. Gay-Lussac y L. Thenard lograron obtenerlo relativamente puro (pero no anhidro), mediante el calentamiento del espato de flúor con ácido sulfúrico en una retorta de plomo^{1,8}. En el transcurso de estos trabajos ambos investigadores sufrieron intoxicaciones considerables.

En 1813, Humphry Davy publicó un importante reporte sobre el tema⁹, y poco tiempo antes, A. Ampère, en dos cartas dirigidas a Davy^{1,4}, había comentado que el ácido fluorhídrico podía considerarse como constituido por la combinación del hidrógeno y un cuerpo simple desconocido: el flúor, es decir, que era un ácido no oxigenado, un hidrácido. Davy (que poco antes había determinado la naturaleza elemental del cloro) buscó demostrar que el ácido fluorhídrico no contenía oxígeno, y trató de aislar el radical del ácido fluorhídrico, al cual ya consideraba como el análogo del ácido clorhídrico. El nombre del elemento (*le fluore*) le fue sugerido a Davy por Ampère, para reflejar la similitud con el nombre del cloro (*le chlore*).

Davy realizó un trabajo bastante extenso y, de manera general, podemos dividir sus investigaciones sobre el flúor en dos tipos¹⁰:

1) Experiencias hechas por vía electrolítica.

2) Experiencias de orden puramente químico, consistentes en el estudio de la acción ejercida por el cloro sobre los fluoruros.

Desde el principio de estos estudios era previsible que el flúor descompondría el agua cuando se le intentara aislar y se formaría ácido fluorhídrico (aunque Davy no lo sabía en ese entonces); en consecuencia, todas las primeras tentativas que realizó en condiciones no anhidras no tenían ninguna posibilidad de éxito. Intentó también la electrolisis del ácido concentrado, obteniendo por este método algunos resultados interesantes. Debido a las condiciones en que trabajaba, no podía evitar el contacto con los venenosos vapores y, a conse-

cuencia de ello, Davy estuvo bastante enfermo.

Las otras experiencias de Davy fueron hechas sobre todo haciendo reaccionar el cloro sobre los fluoruros. Tales experiencias presentaban dificultades muy grandes, porque en esa época no se sabía preparar un cierto número de fluoruros anhidros que fueron compuestos clave en la obtención del flúor libre.

En todo caso, las investigaciones de Davy fueron de la mayor importancia y puso en evidencia la extraordinaria reactividad del flúor, ya que en las investigaciones donde había sido posible producir una pequeña cantidad del radical de los fluoruros (es decir, flúor en su estado elemental), el platino o el oro de los recipientes en los cuales se hacía la reacción era atacado profundamente. Se formaban fluoruros de oro y de platino. El vidrio también era atacado con formación de fluoruro de silicio y desprendimiento de oxígeno.

Davy probó diversas variaciones de sus experiencias: repitió la acción del cloro sobre fluoruros metálicos en vasos de azufre, de carbón, de oro, etc.: y no obtuvo nunca un resultado satisfactorio. Sólo resultó evidente una cosa: la enfermedad de Davy como consecuencia de su trabajo con compuestos de flúor. El científico se vio obligado a cesar sus estudios, después de haber determinado la masa atómica del flúor, que fue de 19.06.

El fracaso de los experimentos de Davy, así como los graves problemas de salud que ya habían sufrido otros científicos, sirvieron de tenebrosa advertencia, y durante mucho tiempo nadie intentó aislar el flúor.

En 1833, R. Aimé¹¹ sometió el fluoruro de plata a la acción del cloro en un vaso de vidrio recubierto de una delgada capa de caucho. Éste se carbonizó, y la experiencia no produjo mejores resultados que aquellas hechas por Davy. También, M. Faraday, discípulo y asistente de Davy, después de la muerte de su maestro intentó infructuosamente aislar el flúor¹. Después, en 1836, los hermanos Knox¹² retomaron el ensayo de Aimé y quisieron descomponer el

fluoruro de plata por acción del cloro en un aparato con fluoruro de calcio. Un impedimento que surgía en la experiencia era que el fluoruro de plata no estaba seco y, en efecto, resulta difícil deshidratar los fluoruros de mercurio y de plata. Los hermanos Knox resultaron gravemente lesionados en las vías respiratorias, a grado tal que uno de ellos murió después de una larga agonía.

En 1846, un químico belga, P. Layette, resultó muerto instantáneamente por las emanaciones tóxicas en sus trabajos sobre el problema del flúor, y la misma suerte corrió el francés Niklesse^{1,2}. Y, sin embargo, el peligro parecía aumentar el reto y el apasionamiento en esta peligrosa empresa.

En 1848, el francés Louyet¹³ estudió una reacción análoga: hizo reaccionar el cloro sobre el fluoruro de mercurio. Louyet, arrastrado por el vértigo de sus investigaciones, no tomó las suficientes precauciones para evitar la acción irritante de los vapores del ácido fluorhídrico, y pagó con su vida su dedicación a la ciencia.

Las publicaciones de Louyet condujeron a Edmond Fremy (profesor de la afamada Escuela Politécnica de París), a reemprender, hacia 1850, la problemática del aislamiento del flúor¹⁴. Estudió primero los fluoruros metálicos y demostró la existencia de fluorhidratos de fluoruros describiendo sus propiedades y composición. Después hizo reaccionar un gran número de elementos gaseosos sobre tales fluoruros y estudió la acción del cloro y del oxígeno. El trabajo de Fremy se centró después principalmente en la electrólisis de fluoruros metálicos (la mayor parte de estas experiencias eran hechas en vasos de platino a muy altas temperaturas). Después de hacer un estudio general de estos fluoruros, Fremy demostró la casi imposibilidad de obtener, al menos en esa época, los fluoruros absolutamente anhidros.

En los años de 1853 a 1856 pareció que Fremy había conseguido obtener el flúor libre. Al ver con cuánta energía los fluoruros retienen el agua, y observando que la fluorita es un mineral que se

podía obtener completamente puro (y también libre de agua, además de que se mantiene líquido a muy altas temperaturas), Fremy decidió someterlo a la electrólisis. En estas condiciones, el calcio se dirige al polo negativo, y se observa alrededor de la tira de platino, —que constituye el electrodo positivo— un burbujeo, indicando la liberación de gas. Este gas desplazaba al yodo de los yoduros; pero tan pronto como se intentaba continuar la experiencia, se dañaba el electrodo de platino y el aparato se inutilizaba en muy pocos segundos.

Lejos de desanimarse por su fracaso, Fremy perseveró en su estudio, obteniendo dos importantes resultados: el primero fue la preparación del ácido fluorhídrico anhidro, —el ácido fluorhídrico libre de agua—, lo que no se había logrado antes. El segundo fue demostrar que el flúor muestra una gran tendencia a unirse con casi todos los compuestos por vía de adición, formando compuestos ternarios y cuaternarios. Esta propiedad explicaba el fracaso de las experiencias de Louyet, de los hermanos Knox y de otros investigadores, ya que, aún trabajando con fluoruros secos en una atmósfera de cloro, yodo o bromo, obtenían más bien compuestos ternarios que flúor libre.

Después de 1856, fecha de publicación del amplio y profundo estudio de Fremy, las investigaciones sobre el ácido fluorhídrico y sobre el aislamiento del flúor, son pocas. En 1862 Kammerer¹⁵ hizo reaccionar al yodo sobre el fluoruro de plata seco en un tubo de vidrio sellado a 60°C, después de haber expulsado el aire con una corriente de vapor de yodo. En estas condiciones, y después de veinticuatro horas, se obtenía un gas que podía recogerse y manipularse sobre una cuba de mercurio; un gas que no atacaba al vidrio y que era inmediatamente absorbido por una solución alcalina. Kammerer estimó que este gas podía ser el flúor. Pfaundler¹⁶ retomó estas experiencias y consideró que el gas obtenido sería una mezcla de fluoruro de silicio y oxígeno. Por otra parte, M. Guntz¹⁷ en 1864, realizó investigaciones sobre el calor de neutrali-

zación del ácido fluorhídrico en presencia de bases, y sobre el calor de formación de los fluoruros.

El químico inglés G. Gore¹⁸, en 1869 usando ácido fluorhídrico preparado por el método de Fremy, determinó su punto de ebullición y su tensión de vapor a diferentes temperaturas. En seguida, estudió la electrólisis del ácido fluorhídrico, puro o junto con otros ácidos e hizo un gran número de observaciones sobre la acción del ácido fluorhídrico anhidro en contacto con metaloides, metales y diferentes sales. Sus reportes fueron de una exactitud notable.

Anteriormente se había demostrado que el ácido fluorhídrico anhidro no conducía la corriente, y si se encontraba presente una pequeña cantidad de agua, su descomposición electrolítica se producía espontáneamente. El problema era que si había alguna cantidad de agua a su alrededor, el flúor reaccionaba enseguida con ella, arrancando los átomos de hidrógeno de la molécula del agua con tanta fuerza que el oxígeno quedaba liberado en la forma energética de ozono y de nuevo se volvía a obtener fluoruro de hidrógeno, es decir, ácido fluorhídrico². Con base en estas experiencias Gore, en una segunda serie de investigaciones^{18bc}, estudió en detalle el fluoruro de mercurio, la electrólisis de éste en su estado fundido y su acción sobre diferentes metaloides, y describió minuciosamente la formación de una serie de compuestos ternarios y cuaternarios por vía de adición.

Trabajos de Moissan

Nacido el 28 de septiembre de 1852 en París, Ferdinand Frédéric Henri Moissan jugó el principal papel en la historia del aislamiento del flúor: fue él quien finalmente lo logró el 26 de junio de 1886.

Hacia 1882 empezó a trabajar sobre el flúor. Antes que nada tomó en consideración los errores de sus predecesores, observó que en los experimentos anteriores no se lograba “domar” la agresividad del flúor, el cual reaccionaba al instante con el material de los dis-

positivos. También vio el error de los que intentaron aislar el flúor haciendo reaccionar el cloro sobre los fluoruros. Según él, el error consistía en que el cloro tenía que ser un oxidante más débil que el flúor.

Moissan inició sus investigaciones con la idea preconcebida de que, tal como ocurría con el cloro, el cual se obtendría descomponiendo, por ejemplo, el pentacloruro de fósforo o el ácido clorhídrico, pero no mediante la electrólisis con compuestos como el cloruro de calcio o de un cloruro alcalino. Las mismas consideraciones eran válidas en el caso del flúor, y si se tomaba en cuenta el hecho de que —según las investigaciones anteriores, y en particular las de Davy y las de Fremy—, el flúor era extremadamente reactivo, se debía —para poder operar y recogerlo— usar temperaturas lo más bajas posibles. Tales fueron las consideraciones que condujeron a Moissan a seguir un estudio sistemático de las combinaciones del flúor y los metaloides, en particular, los derivados de silicio ¹⁹.

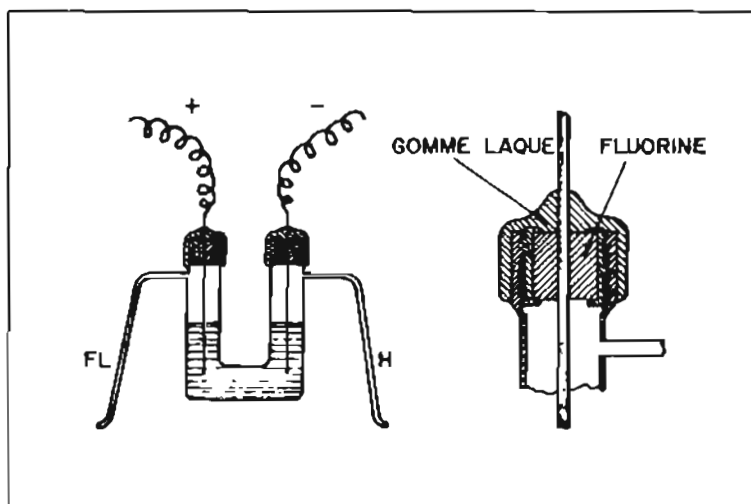
En vista de los resultados poco alentadores continuó después sus estudios con compuestos de flúor y fósforo. Éstos habían sido muy poco estudiados desde Davy, a excepción de algunos trabajos desarrollados por Thorpe en 1880 ²⁰. Moissan estudió de una forma más completa estos compuestos, preparó y caracterizó el trifluoruro y el oxifluoruro de fósforo ²¹. Ensayó, modificando de muy diversas formas las experiencias, viendo cuál era su comportamiento electrolítico. Observó, por ejemplo, que el pentafluoruro de fósforo sólo se desdoblaba en flúor y trifluoruro en condiciones extremadamente drásticas, realizándose los ensayos en una probeta de vidrio sellada por mercurio, lo que no permitía aislar la muy pequeña cantidad de flúor que se obtenía ^{19,22}.

En otros experimentos, Moissan observó que tampoco se obtenían resultados satisfactorios con la acción del platino al rojo sobre los fluoruros de fósforo ²¹. También preparó el fluoruro de arsénico, le determinó sus constantes físicas, así como algunas propieda-

des nuevas y puso sumo cuidado en observar el efecto de la corriente eléctrica sobre dicho compuesto ²³. El fluoruro de arsénico, compuesto líquido a temperatura ordinaria parecía ideal para realizar trabajos electrolíticos que condujeran a la obtención del flúor en estado elemental. En cuatro diferentes ocasiones Moissan se vio obligado a suspender sus investigaciones debido a la toxicidad del fluoruro de arsénico, cuyo manejo es mucho más peligroso que el del ácido fluorhídrico. Logró, sin embargo, electrolizarlo y, si bien en esta experiencia no logró el aislamiento del flúor, obtuvo importantes elementos de información sobre la electrólisis de los compuestos fluorados líquidos. Fue esta experiencia la que llevó a Moissan a intentar la descomposición del ácido fluorhídrico anhidro, el cual se volvía conductor añadiendo fluoruro potásico de hidrógeno. Esta última experiencia dio ¡por fin! el resultado esperado: en el polo negativo se obtuvo hidrógeno y, en el polo positivo, un cuerpo gaseoso de propiedades nuevas, con una reactividad química extremadamente potente y que se podía considerar como el radical de los fluoruros, es decir, el flúor en estado elemental.

El vasto conjunto de experiencias que realizó Moissan se pueden agrupar en cuatro tipos principales:

- 1) Electrólisis de gases fluorados.
- 2) Acción del platino al rojo sobre los fluoruros de fósforo de silicio.



Detalles del aparato que empleó Moissan para aislar el flúor

3) Electrólisis del fluoruro de arsénico.

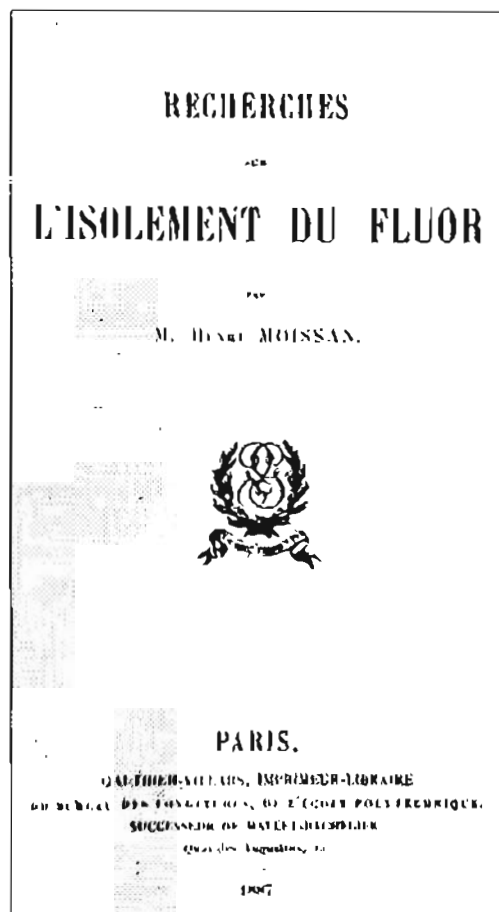
4) Electrólisis del ácido fluorhídrico conteniendo fluoruro potásico de hidrógeno.

Así, finalmente, después de tantas penalidades y trabajos, el flúor fue aislado por primera vez el 26 de junio de 1886. La forma en cómo procedió Moissan se describe a continuación²⁴. Utilizó un recipiente en forma de "U", primero hecho de platino e iridio, y más tarde de cobre (ni el flúor ni el fluoruro de hidrógeno atacan al fluoruro de cobre, por lo que la capa de fluoruro de cobre que se formaría inicialmente preservaría al recipiente de la destrucción). Moissan llenó el recipiente con ácido fluorhídrico anhidro y añadió un poco de fluoruro potásico de hidrógeno para que la disolución condujera la corriente eléctrica. A continuación sumergió el recipiente en una mezcla refrigerante a una temperatura cercana a los -50°C (a los electrodos de platino e iridio los colocó en unos aditamentos especiales de fluorita que no es conductora de la electricidad, ni es atacada por el flúor). Durante la electrólisis, del cátodo se desprendía el hidrógeno molecular; y del ánodo, el flúor, el cual se acumulaba en unos tubos de cobre.

Moissan envió una comunicación modesta a la Academia de Ciencias de París²⁵, de la cual no era miembro, y formulaba algunas hipótesis sobre lo que podría ser el gas obtenido en el ánodo. La más simple era que en realidad se desprendía el flúor; pero era posible la formación del perfluoruro de hidrógeno o de una mezcla de ácido fluorhídrico con ozono. Esta mezcla es lo suficientemente activa como para explicar la acción tan enérgica que ejercía el gas sobre el ácido silícico cristalino. La comunicación "*Rapport fait au nom de la Section de chimie sur les recherches de M. Moissan relatives à l'isolement du fluor*" fue leída por H. Debray en la sesión del 8 de noviembre de 1886, quien junto con E. Freymy y M. Berthelot -que era el más ilustre de los químicos franceses en esa época- presidieron la comisión que organizó la rea-

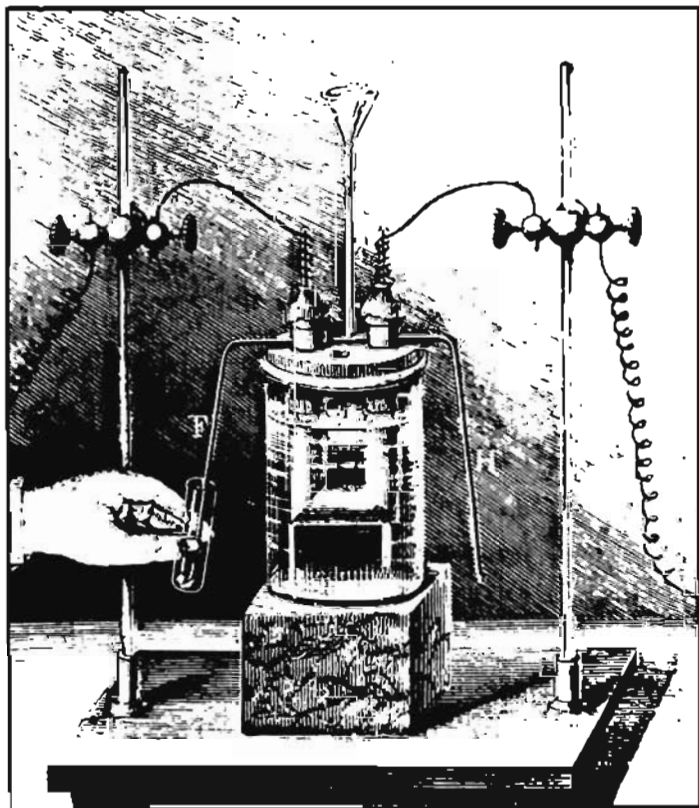
lización del ensayo, para verificar los resultados de Moissan. El experimento no salió bien el primer día, pero a la mañana siguiente sí resultó un éxito completo y la comisión anunció el logro de Moissan. En estado líquido, el flúor fue obtenido por Moissan hasta 1887 y recibió el premio Nobel en 1906 por estos trabajos. Murió en París el 20 de febrero de 1907 a la edad de cincuenta y cuatro años, y se piensa que las intoxicaciones que sufrió durante sus experimentos, contribuyeron de alguna manera a su muerte.

Verdaderamente creo que hay pocos casos en la historia de la Química en los que se registren tantas dificultades y penalidades sufridas, como las que se produjeron durante la obtención del flúor. La odisea de la obtención del flúor es un ejemplo de la determinación que el hombre es capaz de demostrar en su afán por conocer la naturaleza.



Referencias

- ¹ Trifonov, D.N. y Trifonov, V.D., *Cómo fueron descubiertos los elementos químicos*, MIR, Moscú, 1984, pp. 98-102.
- ² Asimov, I., *Los gases nobles*, Plaza & Janés, Barcelona, 1982, pp. 173-181.
- ³ Agricola, G., *Bermannus sine de re metallica*, en la sección: "De ortu et causis subterraneorum", Bale, 1558, p. 458.
- ⁴ Moissan, H., *Traité de Chimie Minérale*, Vol. 1, Paris, 1904, pp. 64-65.
- ⁵ Margraff, A.S., *Transactions de Berlin*, 1768.
- ⁶ Scheele, K.,
a) *Mémoires de l'Académie des Sciences de Stockholm*, 1771.
b) *Journal de Physique, de Chimie et de Histoire Naturelle*, Vol. 2, 1771, p. 473.
- ⁷ Lavoisier, A.L., *Oeuvres de Lavoisier*, Vol. 1, Paris, 1864, p. 135.
- ⁸ Gay-Lussac, J. y Thenard, L., *Annales de Chimie et de Physique*, Vol. 69, 1809, p. 204.
- ⁹ Davy, H., *Annales de Chimie et de Physique*, Vol. 88, 1813, p. 271.
- ¹⁰ Davy, H.,
a) *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 103, 1813, p. 263.
b) *Ibid.*, Vol. 104, 1814, p. 62.
- ¹¹ Aimé, R., *Annales de Chimie et de Physique*, (2ème serie), Vol. 55, 1839, p. 443.
- ¹² Knox, G.J. y Knox, Th. R., *Philosophical Magazine and Journal of Science*, London, Vol. 9, 1836, p. 107.
b) Knox, G.J., *Proceedings of the Royal Irish Academy*, Vol. 1, 1841, p. 54.
- ¹³ Louyet, A., *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, Vol. 23, 1846, p. 960.
- ¹⁴ Fremy, E., *Annales de Chimie et de Physique*, (3ème serie), Vol. 47, 1856, p. 5.
- ¹⁵ Kammerer, K., *Journal für Praktische Chemie*, Leipzig, Vol. 85, 1862, p. 452.
- ¹⁶ Pfäundler, R., *Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Akademie der Wissenschaften*, Wien, Vol. 46, 1864, p. 258.
- ¹⁷ Guntz, M., *Annales de Chimie et de Physique*, (3ème serie), Vol. 47, 1864, p. 24.
- ¹⁸ Gore, G.,
a) *The Chemical News and Journal of Physical Science*, London, Vol. 21, 1869, p. 28.
b) *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 160, 1870, p. 227.
c) *Ibid.*, Vol. 161, 1871, p. 321.
- ¹⁹ Moissan, H., *Recherches sur l'isolement du fluor*, Gauthier-Villars, Paris, 1887, pp. 2-3.
- ²⁰ Thorpe, N., *Proceedings of the Royal Society of London*, Vol. 25, 1880, p. 122.
- ²¹ Moissan, N.,
a) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, Vol. 102, 1885, p. 1245.
b) *Annales de Chimie et de Physique*, (6ème serie) Vol. 6, 1885, p. 433 y 468.
c) *Ibid.*, Vol. 12, 1887, p. 472.
- ²² Moissan, H., *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, Vol. 102, 1885, p. 1543.
- ²³ Moissan, H.,
a) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, Vol. 99, 1882, p. 874.
b) *Ibid.*, Vol. 102, 1885, p. 763.
- ²⁴ Moissan, H., *Recherches sur l'isolement du fluor*, Gauthier-Villars, Paris, 1887, pp. 39-42.
- ²⁵ Moissan, H.,
a) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, Vol. 103, 1886, p. 202 y 256.
b) *Ibid.*, Vol. 103, 1886, p. 1257.



Aparato que empleó H. Moissan para aislar el flúor

LOS SUEÑOS

Julio Glockner

Instituto de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades
Universidad Autónoma de Puebla

*No creo estar ahora soñando,
pero no puedo probar lo contrario.*

Bertrand Russell

La sucesión del sueño y la vigilia ha motivado las más diversas prácticas y reflexiones no sólo de los hombres dedicados a la profecía, la medicina, la filosofía, la poesía, la magia o la fisiología, sino también las del hombre común de todos los tiempos. En muchas culturas se considera al sueño como una puerta de acceso al mundo sobrenatural. No existe en ellas una ruptura entre el sueño y la vigilia porque ambos estados están permeados por lo sagrado, entonces, no sólo es posible, sino necesario, el tránsito, la continuidad y la correspondencia entre sueño y vigilia.

En las sociedades primitivas, antiguas y contemporáneas, existe una mentalidad que difiere considerablemente de la racionalidad occidental. Son muchos los autores que se han referido a esta diferencia, pero yo quisiera seguir aquí algunas ideas de Levi-Brül, a quien se ha soslayado debido más al peso de los prejuicios que a la lectura de su obra.

Dice Levi-Brül que en las sociedades primitivas (a diferencia de las nuestras), todo o casi todo lo que ocurre se relaciona con la influencia de potencias ocultas o místicas —dioses, espíritus de los muertos, intervención de hechiceros, etcétera. Es decir, en lugar de que la causa y el efecto de los acontecimientos se den sucesivamente en el tiempo y el espacio, la mentalidad primitiva percibe únicamente el efecto, mientras que la causa pertenece al conjunto de series invisibles y no perceptibles. Un ejem-

plo puede ilustrar esta manera de comprender el mundo: “En el país de los azande a veces se cae un granero. Nada tiene de sorprendente. Todos los azande saben que las termitas y el tiempo se comen los soportes, y que incluso la madera más dura se deteriora al cabo de años de uso. Ahora bien, el granero es la casa de verano del caserío azande y la gente se sienta bajo él en el calor del día y charla o juega al juego africano del agujero o hace alguna artesanía. En consecuencia, puede ocurrir que haya gente sentada bajo el granero cuando se derrumbe y resulten heridas, pues es una estructura pesada hecha de vigas y barro. Ahora bien, ¿por qué estas concretas personas estaban sentadas bajo este granero concreto en el preciso momento en que se derrumba? Que se derrumbe es fácil de comprender, pero, ¿por qué tenía que derrumbarse en el concreto momento en que éstas concretas personas estaban sentadas debajo? Ha tenido años para caerse, entonces, ¿por qué se cae justamente cuando determinadas personas buscan su amable refugio? Nosotros decimos que el granero se derrumbó porque las termitas se han comido los soportes. Ésta es la causa que explica el derrumbamiento del granero. También decimos que la gente estaba sentada debajo en aquel momento porque era el momento más caluroso del día y lo consideraban un lugar confortable. Ésta es la causa de que la gente estuviera bajo el granero en el momento en que se derrumbó. Para nuestra mentalidad la única relación

entre estos dos hechos de causas independientes es su coincidencia en el tiempo y en el espacio. No tenemos explicación para el hecho de que las dos cadenas causales se crucen en un determinado momento y en un determinado lugar, pues no existe interdependencia entre ambas. La filosofía azande puede aportar el eslabón perdido. El azande sabe que los soportes estaban minados por las termitas y que la gente estaba sentada debajo del granero con objeto de escapar del calor y el resplandor del sol. Pero, además, sabe por qué estos dos acontecimientos ocurren precisamente en el mismo momento del tiempo y del espacio. Se debe a la acción de la brujería. Si no hubiera habido brujería la gente hubiera estado sentada debajo del granero y éste no se hubiera caído sobre ellos, o bien hubiera caído pero la gente no habría estado refugiada bajo él al mismo tiempo. La brujería explica la coincidencia de estos dos sucesos”¹.

La elocuencia de este ejemplo muestra que existe en esta mentalidad una dimensión suplementaria que la nuestra ignora, una dimensión de la experiencia en su conjunto. Es esta particular constitución de la experiencia, dice Levi-Brül, la que hace que los primitivos consideren como simples y naturales, formas de causalidad para nosotros irrepresentables. De este modo, el mundo visible y el invisible forman una totalidad, de tal manera que la relación entre la realidad sensible y las llamadas “fuerzas sobrenaturales” es constante.

La correspondencia entre estos dos mundos complementarios tiene en los sueños una de sus expresiones más completas. En ciertos sueños aparecen una serie de eventos que son tan válidos como los hechos que acontecen durante la vigilia. No se trata de confiar en la veracidad de todos los sueños, pues se distinguen perfectamente los sueños puramente fantasiosos de los que contienen una revelación sagrada. Pero cuando algunos sueños son reconocidos individual y colectivamente como visiones enviadas por la divinidad, entonces no se duda de la veracidad del sueño, pues “lo que éste anuncia llegará

y lo que muestra ha llegado”².

Los puentes y pasadizos que hacen posible la continuidad entre el mundo del sueño y el de la vigilia están constituidos por su relación con lo sagrado. En la cultura occidental, sin embargo, se produjo gradualmente la desacralización de ambos mundos y con ello la ruptura entre sueño y vigilia. Fue hasta el surgimiento de la teoría freudiana que se reestableció este contacto, sólo que bajo otros supuestos. Dios no cabe en los sueños, la voz de las deidades fue sustituida por la del inconsciente y sus revelaciones reemplazadas por los deseos reprimidos.

Los inicios de esta ruptura se remontan a la filosofía griega. En un libro fascinante titulado *Las teorías del sueño en la filosofía antigua*, Ángel J. Cappelletti expone una genealogía de este rompimiento. En Hipócrates encontramos ya que los sueños, por su origen, se dividen en dos especies: los que proceden de los dioses y los que surgen de un estado corporal. Esta distinción puede ser anterior a él, pero Hipócrates hace una advertencia decisiva: si el arte que se ocupa de los primeros se aplica a la interpretación de los segundos todo se toma incierto y confuso.

Sin embargo no es Hipócrates, sino Aristóteles, quien da el paso definitivo al afirmar que “no es posible suponer que los sueños sean directamente enviados por Dios con el propósito de revelar o anunciar algo al hombre”³.

Vamos a hacer un movimiento en espiral, dando un rodeo que nos aproxime a la naturaleza sagrada o profa-



Xochipilli

na del sueño, exponiendo algunas de las ideas de Aristóteles que aparecen en el libro de Cappelletti. Uno de los propósitos de Aristóteles es determinar qué seres vivos están sujetos a los fenómenos del sueño y la vigilia y en qué forma lo están. Para responder a estas preguntas hace las siguientes reflexiones: si la vigilia o el estar despierto no consiste sino en el ejercicio de los sentidos, resulta evidente que el órgano mediante el cual se produce la sensación es, al mismo tiempo, aquel gracias al cual el sujeto está despierto (cuando está funcionando) o está dormido (cuando deja de funcionar). Así pues, la vigilia y su contrario, el sueño (en el sentido de dormir), dependen de la parte sensitiva del alma. Pero la sensación, dice Aristóteles, no corresponde exclusivamente al alma ni exclusivamente al cuerpo, sino que más bien es un movimiento del compuesto, es decir, "del alma por medio del cuerpo". El filósofo de Estagira distingue tres partes del alma: vegetativa (o nutritiva), sensitiva e intelectiva. La primera la atribuye a todos los seres vivos sin excepción, pero las otras dos sólo son facultad de los animales y el hombre. Considera también que todo ser vivo dotado de alma sensitiva es afectado por el doble estado de sueño y vigilia, pues no existe un sólo animal que esté siempre despierto o permanentemente dormido. El animal es por definición, según Aristó-

teles, un ser dotado de la capacidad de sentir. Ahora bien, si el sueño es una paralización de los sentidos y la vigilia representa su actividad, se deduce que donde no hay sensación no puede haber ni sueño ni vigilia. Según Aristóteles las plantas no sienten y por esta razón no duermen ni despiertan: "De la sensación dependen el placer y el dolor. Sólo los seres que sienten son capaces de gozar y de sufrir. Esos mismos seres experimentan deseos. Pero las plantas, que no sienten, tampoco gozan ni sufren ni tienen deseos".

No sucede lo mismo con los animales, pues su alma sensitiva, que no supone necesariamente un alma racional, los ha dotado de la capacidad de dormir. El sueño sobreviene no cuando se produce fatiga en un órgano cualquiera, sino cuando se cansa el "órgano del sentido común", es decir, el órgano de aquel sentido gracias al cual es posible la percepción de los objetos sensibles en general y gracias al cual se unifican los datos aportados por los sentidos externos y las cosas se constituyen como tales en la conciencia. Puesto que el descanso es algo necesario para todo ser que se mueve con un movimiento natural pero finito (no se incluyen los astros) y puesto que el sueño es con razón considerado como un "descanso", debe inferirse —dice Aristóteles— que *la causa final del sueño es la conservación de ese ser móvil que llamamos "animal"*, aunque la verdadera finalidad del animal sea lo contrario del sueño, o sea, la vigilia y la actividad que ésta implica. Al parecer es la inmovilidad de las plantas la que hace que Aristóteles las considere insensitivas y por lo tanto despojadas de la facultad de reposar o dormir. Dedúcese de lo anterior —dice Cappelletti siguiendo siempre a Aristóteles— que el sueño es una propiedad y una afección necesaria de todo animal: si un animal vive, debe nutrirse; si se nutre, está sujeto a una serie de procesos orgánicos (digestión, asimilación, etc.); si está sujeto a una serie de procesos orgánicos, se fatiga; si se fatiga necesariamente acaba durmiendo. Hasta aquí dejamos a Aristóteles, que desarrolla



Peyotl

más adelante una explicación fisiológica de cómo la evaporación de los alimentos asciende del estómago por los intestinos hasta el cerebro, donde se atempera, para descender posteriormente al corazón. La circulación y exhalación de estos vapores nutricios es la causa primordial del sueño. Sin embargo no creo que su opinión sobre las plantas puedan convencer a un buen jardinero ni a una mujer que habla con sus flores.

¿No será que las plantas tienen un reposo nocturno, equivalente al dormir, después de comer luz? Cualquiera que lea el libro de Mauricio Maeterlink, *La inteligencia de las flores*⁴, verá con desconfianza la poca estima en que tiene Aristóteles al mundo vegetal. Dice Maeterlink, por ejemplo, que las flores precedieron a los insectos en la tierra; por consiguiente, cuando aparecieron éstos, aquéllas tuvieron que adaptar a las costumbres de esos colaboradores imprevistos toda una maquinaria nueva. Este sólo hecho, geológicamente incontestable, entre todo lo que ignoramos, basta para establecer la evolución, y esta palabra un poco vaga —dice— ¿no significa, en último análisis, adaptación, modificación, progreso inteligente?⁵ Y aún más, si se encuentran plantas y flores torpes o desgraciadas, no las hay que se hallen enteramente desprovistas de sabiduría y de ingeniosidad. Todas se aplican al cumplimiento de su obra; todas tienen la magnífica ambición de invadir y conquistar la superficie del globo multiplicando en él hasta el infinito la forma de existencia que representan, y para llegar a este fin, continúa Maeterlink, tienen que vencer, a causa de la ley que las encadena al suelo, dificultades mucho mayores que las que se oponen a la multiplicación de los animales.

¿No hay en las plantas un sueño latente que los hombres y los animales activan? Aristóteles, por supuesto, diría que no, pero atendamos a otra opinión, la de los antiguos y actuales chamanes mexicanos, que recurren a los trances extáticos para establecer comunicación con los dioses y adquirir facultades

curativas y adivinatorias. El contacto con las deidades se establecía mediante prácticas ascéticas como el ayuno, el insomnio, la abstinencia sexual y el autosacrificio, del mismo modo que lo hacían los místicos europeos, o bien mediante los sueños, entre los que habría que distinguir el sueño natural y el sueño inducido. A esta última forma de ensoñación pertenece la utilización de las plantas sagradas que contienen sustancias psicoactivas. "Enteógenos" ("Dios dentro de nosotros") las llamó el estudioso griego Carl A. P. Ruck, pues esta designación expresa las resonancias culturales de su uso, según explica Gordon Wasson⁶. Las visiones que surgen con la ingestión ritual de estas plantas son estimadas como la revelación de la deidad que habita en ellas. Desde luego que esta apreciación no es exclusiva del chamán, de ser así no trascendería los límites de la experiencia individual, más bien, estas imágenes tienen un reconocimiento colectivo respaldado por la tradición aunque no todos los individuos tengan acceso a ellas. La utilización de estas plantas no sólo tenía fines curativos, pues ellas revelaban el origen mágico de la enfermedad, sino también eran empleadas "para saber de las cosas perdidas y otras cosas que se quieren saber", según escribió en 1569 el Beneficiado don Pedro Ponce en su *Tratado de los dioses y ritos de la gentilidad*. De ahí tomo esta



Nanacatl

breve pero significativa descripción, donde se advierte ya la mezcla de las creencias indígenas con el cristianismo: "Beben el *ololiuhque* y el peyote, una semilla que llaman *tlitliltzin*. Son tan fuertes, que los priva de sentido y dicen que se les aparece uno como negrito que les dice todo lo que quieren. Otros dicen que se les aparece Nuestro Señor, otros los ángeles. Y cuando hacen esto se meten en un aposento y se encierran y ponen una guarda, para que les oiga lo que dicen, y no les han de hablar hasta que se les ha quitado el desvario, porque se hacen como locos. Y luego preguntan qué han dicho, y aquello es lo cierto".

Tanto en los sueños inducidos como en los sueños naturales, la experiencia onírica no tiene por qué ser menos real que la experiencia de la vigilia, pues sólo se trata de dos circunstancias en las que se encuentra el mismo sujeto: el *tonalli*, o fuerza vital, que se separa del cuerpo durante el sueño. Hay otras circunstancias en las que el *tonalli* abandona temporalmente el cuerpo, como la embriaguez y el orgasmo, o aquella en que el abandono es definitivo: la muerte. En este sentido, no existe en el pensamiento indígena una dicotomía excluyente y contradictoria realidad-irrealidad, pues se trata más bien de dos aspectos, complementarios, de una misma realidad. El *tonalli* o tonal no es un principio vital exclusivo del hombre, pues en algunas comunidades nahuas, como Atla, en la Sierra de Puebla, se considera que los "Señores del Aire", son divinidades que habitan en los cerros, *tonaltepetl*, es decir el *tonalli* de los cerros. Asimismo, López Austin informa de una comunidad en la que al maíz se le atribuye la facultad de dormir, por ello se recomienda no desgranarlo de noche, pues se supone que su fuerza vital está distante de él y pierde sus propiedades nutritivas^{7y8}.

Entre los antiguos nahuas había hombres especializados en la interpretación de los sueños. Estos sabios eran llamados *emiquiximatl*, que significa "Conocedor de los sueños". La interpretación la realizaban no sólo con el

conocimiento que les daba el hecho de ser ellos mismos poderosos soñadores, capaces de trasladarse al inframundo y a lugares inaccesibles a la gente común, sino también mediante la utilización de los "libros de sueños", que la intolerancia medieval de los conquistadores llevó a las hogueras. Mercedes de la Garza cita un párrafo del padre Las Casas donde hace mención a estos libros: "Muchas cosas hacían o dejaban de hacer por los sueños, en que muchos miraban, de los cuales tenían libros, y lo que significaban, por imágenes y figuras. Interpretábanse los sacerdotes o maestros que tenían aquel oficio".

Estas plantas y los sueños a los que inducían eran motivo de un respeto religioso, pero esta situación no sólo existía en relación con las plantas mágicas, sino en general con la naturaleza misma. A mediados del siglo XVII el doctor Jacinto de la Sema escribió en su *Manual de Ministros de Indios, para el conocimiento de sus idolatrías y extirpación de ellas*: "también dan adoración a los árboles y a las plantas como el *huatli* y *ololiuhqui*, *peyote* y *pisiete*, atribuyendo a los árboles más alma, que la vegetativa, que les dio Dios, como a las demás plantas y semillas virtud para obrar. Piensan que los árboles fueron hombres en el otro siglo, que ellos fingien, y que se convirtieron en árboles, y que tienen alma racional, como los otros; y así cuando los cortan para el uso humano, para el que Dios los crió, los saludan, y les captan la benevolencia para averlos de cortar, y cuando al cortarlos rechinan, dicen, que se quejan". Para probar lo que ha dicho, De la Sema refiere dos casos "bien singulares", transcribo el primero: "Teniendo los indios de este pueblo de Ocuyoacac la obligación de poner una viga grande en la puente del río de Toluca, que es paso para toda esa tierra de *Mechoacán*, cuando fueron al monte a cortarla, el gobernador hizo llevar la cruz con su manga, ciriales y cantores, y habiendo convocado todo el pueblo para esta acción, subieron a el monte, y cortaron el árbol, y así como cayó, llegó una india vieja, y le quitó las ramas, y fue a el tronco de

donde había sido cortado, y poniéndolas encima le consoló con muchas palabras amorosas, pidiéndole, que no se enojase, que lo llevaban, para que pasasen todos los de esa tierra de *Mechoacán*; y antes de arrastrar el árbol pusieron en el lugar donde había caído, un pedazo de cirio encendido de los que habían quedado del Jueves Santo, y le dijeron un responso muy solemne echándole agua bendita, y mucho pulque: con que otro día llevaron la viga labrada hasta la puente con mucha vocería, y algarazara diciéndole respuestas en las mansiones que hacían". Por supuesto, el gobernador que organizó este ritual fue acusado de idolatría y hecho prisionero. Es abismal la diferencia entre las dos formas de entender y vivir el mundo: mientras Aristóteles cree que Dios no tiene nada que decir a los hombres en sus sueños, una vieja india no sólo los ha visto, sino que entiende que son una transfiguración de la naturaleza, que la naturaleza misma es sagrada y que le debe una explicación al árbol al que se ha violentado. Claro que sería absurdo responsabilizar a Aristóteles de la estupidez de los españoles, pero muchos de ellos, entre los más lúcidos, han crecido a su sombra y usaban la razón de sus argumentos para combatir, es el colmo, lo que consideraban una influencia del demonio.

Para terminar, voy a referir una hermosa anécdota del siglo XVII relatada por Roger Caillois, en ella las fronteras del sueño y la vigilia son indecisas, pero no sólo esto, la historia misma nos ubica ante la posibilidad de elegir: Una muchacha no consigue conciliar el sueño. Siguiendo un procedimiento que le han enseñado, cuenta corderos que saltan un cerco. Ha contado ya más de doscientos, cuando oye un ruido insólito. Llamam suavemente a la ventana de su cuarto. La abren. Un caballero irrumpe en el cuarto sin decir palabra. Siempre silencioso, toma en sus brazos a la joven estupefacta, baja con ella una escala de seda, monta en su caballo y, apretando a su presa contra el pecho, se lanza al galope. Atraviesan una selva y por fin llegan a un pabellón de caza. El raptor

deposita delicadamente en una gran cama a la muchacha capturada. Empieza a cubrirla de besos, a quitarle su largo camisón. Volviendo un poco en sí, la joven se debate y protesta. Entonces el caballero, retrocediendo tres pasos y saludándola hasta el suelo con su sombrero de plumas dice: "como gustéis, señorita. El sueño es vuestro".

Referencias

¹ Evans-Pritchard, E.E., *Brujería, magia y oráculos entre los azande*, Anagrama, Barcelona (1976), pp 88-89. Tomado de: Mumo Gatti, "La lepra", *Espacios*, N° 16, 1991, p. 18.

² Levi-Brül, *La mentalidad primitiva*, La Pléyade, Buenos Aires, 1972, pp. 91-104.

³ Cappelletti, A. J., *Las teorías del sueño en la filosofía antigua*, Fondo de Cultura Económica (Cuadernos de la Gaceta N°57), 1989, p. 108.

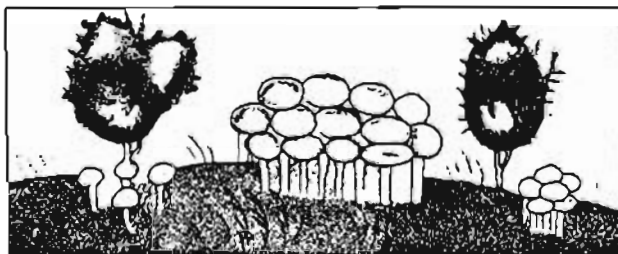
⁴ Maeterlink, Mauricio, *La inteligencia de las flores*, Hyspamérica (Biblioteca Personal de Jorge Luis Borges), Buenos Aires, 1985.

⁵ *Ibid.*, p. 60.

⁶ Gordon Wasson, R., *El hongo maravilloso, Teonanácatl*, Fondo de Cultura Económica, México, 1983.

⁷ López Austin, Alfredo, *Cuerpo humano e ideología*, Tomo I, UNAM, México, 1984, p. 251.

⁸ Las principales plantas que los nahuas usaron ritualmente fueron el *teonanácatl*, el *picietl*, el *peyotl*, el *ololiuhqui*, el *tlitiltzin*, el *toloatzin*, el *iztauhyatl* y el *yauhtli*. Tlitiltzin significa "Negrilla", por lo que tal vez el negrito sea la personificación de esta planta. Con frecuencia se menciona también la aparición de un "venerable anciano" durante las revelaciones del ololiuhqui y el peyote, del mismo modo que a María Sabina se le aparecían los hongos bajo la forma de "niñitos". Esto revela, dice Mercedes de la Garza, que cada alucinógeno tenía su propia epifanía y que todas ellas eran antropomorfos cuando se ingerían. (De la Garza, Mercedes, *Sueño y alucinación en el mundo náhuatl y maya*, UNAM, México, 1990).



FILTROS PARA OBSERVACIÓN SOLAR

José Luis Morán López

Instituto de Física
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Hugo Navarro Contreras

Instituto de Física "Luis Rivera Terrazas"
Universidad Autónoma de Puebla

Se discuten los valores de intensidad luminosa debajo de los cuales se puede efectuar observación continua de fuentes de luz sin riesgo para la vida humana. Se presenta un estudio comparativo de resultados experimentales de la transmitancia de algunos materiales que alguna vez han sido propuestos como filtros para observación solar segura y se discuten cuáles resultan ser más idóneos para este propósito.

I. Introducción

El Sol, como cualquier cuerpo caliente, emite radiaciones electromagnéticas características de la temperatura a que se encuentra. La intensidad de la radiación depende tanto de la temperatura del cuerpo emisor como de la longitud de onda. La dependencia de la intensidad de radiación con la longitud de onda tiene una forma de campana y el máximo está determinado por la temperatura del emisor. En particular, la temperatura de la superficie del Sol es aproximadamente 5,900 grados Kelvin. Esto hace que la radiación solar esté principalmente localizada en el rango de longitudes de onda entre los 250 y los 3,000 nanómetros (10^{-9} metros), con un máximo cerca de los 500 nanómetros. En la parte superior de la Figura 1 se grafica la intensidad de la radiación solar como función de la longitud de onda medida fuera de la atmósfera terrestre¹. En el eje horizontal, medido en micras (10^{-6} metros) y en escala logarítmica, se marcan las regiones de radiación ultravioleta (UV), visible (V) e infrarrojo (IR).

La radiación solar antes de llegar a la superficie terrestre tiene que atravesar la atmósfera formada principalmente por nitrógeno, oxígeno y trazas de argón, vapor de agua, dióxido de carbono y ozono. Excepto el nitrógeno y el argón todos estos gases son opacos en bandas diversas en el UV e IR princi-

palmente. Éstos sirven como filtros naturales y atenúan una parte de la radiación que incide sobre la Tierra. En la parte intermedia de la Figura 1, se muestra la absorción atmosférica medida al nivel del mar^{2,3}. En esta gráfica una absorción de 1.0 significa que la radiación de esa longitud de onda no llega a la superficie terrestre, y por el contrario, una absorción 0.0 significa que esa radiación llega con toda su intensidad al nivel del mar.

De esa figura se ve claramente que la mayor parte de la radiación solar llega a la superficie de la Tierra, con excepción de la radiación ultravioleta con longitudes de onda menores que 280 nanómetros (debido a la absorción del O_2 molecular y del ozono O_3), y partes del infrarrojo cercano con longitudes de onda mayor que 700 nanómetros. En la Figura 2 se muestran con más detalle las curvas de distribución de energía solar con la longitud de onda incidentes a nivel del mar para iluminación solar directa, y para iluminación solar difusa con cielos claro y nublado, después de sufrir los procesos de absorción mencionados.

En la parte inferior de la Figura 1 se muestra la sensibilidad relativa del ojo humano a la radiación. Ésta define la región del espectro electromagnético llamada visible que va desde 400 a 700 nanómetros. El ojo humano no percibe las radiaciones fuera de este rango espectral, aunque puede ser dañado por

ellas; más aún, al ser insensible a estas longitudes de onda el ojo humano no tiene manera de percatarse de que está expuesto a intensidades de radiación dañinas al observarse una fuente intensa de éstas, tal como lo es el Sol. Ésta es la razón por la cual, para la observación del Sol se debe ser extremadamente cuidadoso en la elaboración y el uso de filtros de observación solar.

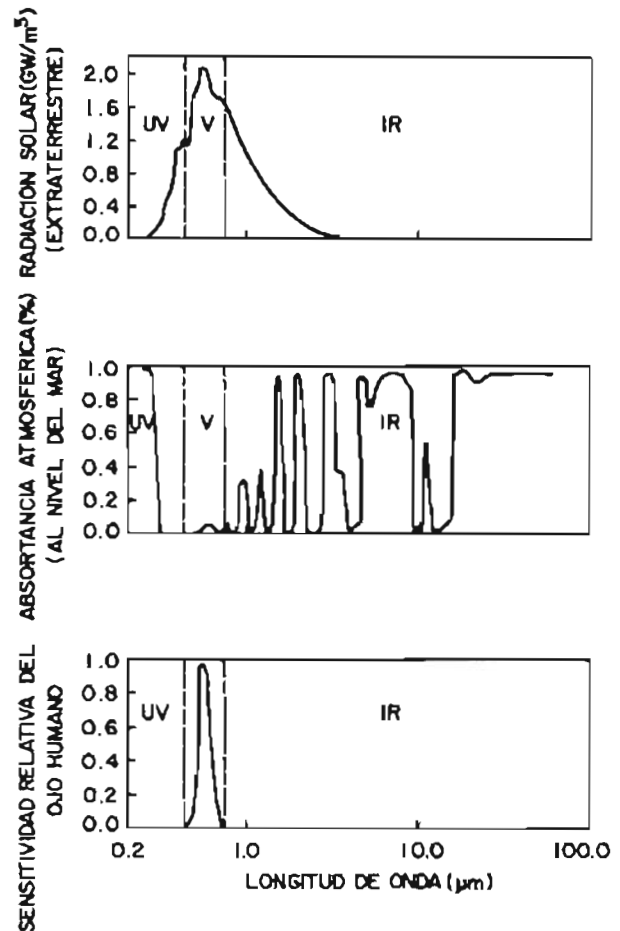
II. Riesgos por la observación de radiación

En la Antigüedad se ignoraba que la observación directa del Sol producía ceguera parcial o total. Se dice que el astrónomo Galileo Galilei sufrió de visión reducida debido a la intensa observación solar que realizó a lo largo de su vida. Durante los tres siglos siguientes a la invención del telescopio, se han desarrollado muchos dispositivos y técnicas de protección para la observación solar. Sin embargo, el uso de filtros adecuados para la población durante eclipses solares ha causado grandes discusiones durante los últimos años. Uno de los ejemplos más recientes es lo que ocurrió durante el eclipse de Sol que se observó en el estado de Oaxaca, México, en 1970. En esa ocasión se reportó un número muy alto de personas dañadas de los ojos, algunas de ellas con lesiones irreversibles.

Para evitar la repetición de esta lamentable situación el Gobierno Federal, en febrero de 1991, encargó a la Secretaría de Salud del país se fijara normas para los filtros de observación solar que con motivo del eclipse del 11 de julio de 1991, varias empresas deseaban producir y comercializar. En términos generales, estos filtros deben dejar pasar radiación dentro de los márgenes o umbrales de intensidad, en dependencia de su longitud de onda, debajo de los cuales se pueda observar una fuente luminosa sin riesgo alguno.

La intensidad total de radiación proveniente del Sol a la distancia de la órbita terrestre y fuera de la atmósfera es de $135.3 \pm 2 \text{ mW/cm}^2$ (miliWatts por centímetro cuadrado). A esta cantidad

FIGURA 1



a) La radiación solar fuera de la atmósfera terrestre (en gigawatts/m²) como función de longitud de onda de la radiación (en micras, 10⁻⁶m). b) La absorptancia atmosférica de la radiación solar al nivel del mar. c) La sensibilidad del ojo humano a la radiación. En las tres gráficas se marcan las regiones del ultravioleta, visible e infrarrojo y las unidades del eje horizontal están dadas en escala logarítmica. Figura tomada de la referencia [3]

se le denomina "Constante Solar" (CS), y ha sido medida en varios de los programas de satélites de observación solar de la NASA, principalmente durante los años setenta⁴. En las Figuras 1 y 2 se ve que la atmósfera remueve parte de esta radiación y al nivel del mar inciden cerca de 95 mW/cm^2 con el Sol en el zenit. A la altura del altiplano mexicano (en promedio alrededor de 2,000 metros) la cantidad de radiación solar incidente en las mismas condiciones es mayor que al nivel del mar. Para propósitos de las discusiones de este artículo

tomaremos como valor representativo 100 mW/cm^2 como intensidad de la radiación solar incidente en cualquier punto del país (de México). Como discutimos más adelante, los umbrales de observación segura son dependientes de la longitud de onda, variando desde $0.1 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$ (microWatt por centímetro cuadrado) hasta del orden de 1 mW/cm^2 . Entonces, de manera burda se ve que la intensidad de radiación solar que nos llega en México es de 100 a 1,000 veces mayor que los umbrales tolerables por el ojo humano. A continuación discutimos los umbrales para las diferentes regiones espectrales definidos por diversos investigadores⁵.

III. Umbrales de riesgo por el ultravioleta

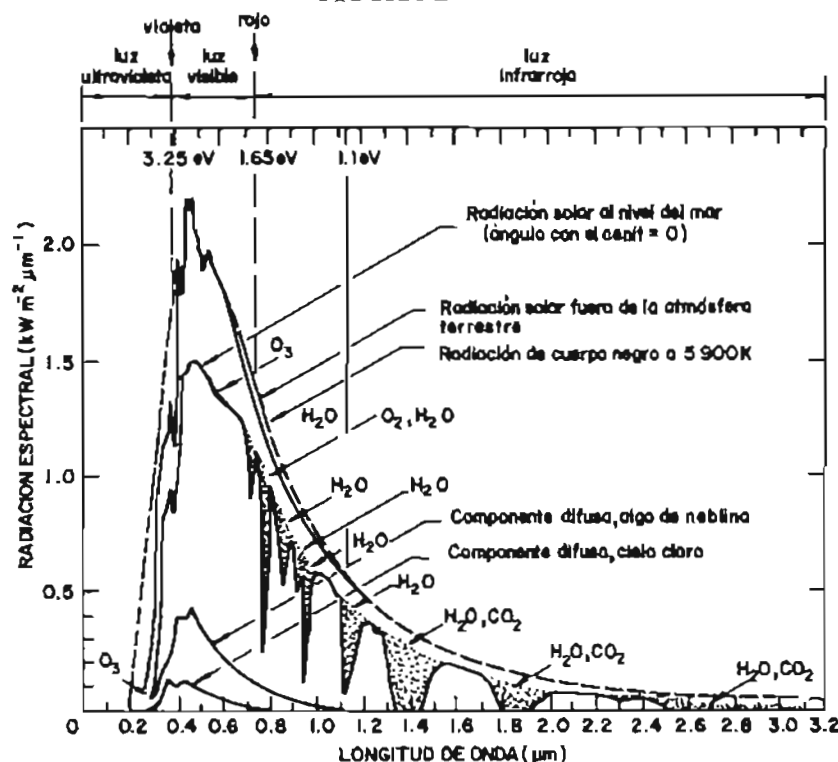
La luz ultravioleta en altas intensidades puede causar daños en el ojo ocasionando lesiones fotoquímicas que se producen por el calor que se genera en las células de la retina al incidir sobre

ellas la luz UV. Los umbrales de daño (o seguridad para intensidades menores) fotoquímico publicados por diferentes grupos de investigación biomédica muestran una fuerte dependencia con la longitud de onda del UV⁵.

La comisión Internacional de la Iluminación (CIE por sus siglas en francés) ha definido tres bandas espectrales en el UV para discutir los efectos biológicos de la radiación UV: 1) UV-A que es la banda de 315-400 nm, 2) UV-B para la banda de 280-315 nm, y 3) UV-C de 100-280 nm. De la referencia 4 vemos que estas bandas contienen el 2.22%, el 5.42% y el 6.65% respectivamente, de la intensidad luminosa total de la radiación solar incidente fuera de la atmósfera terrestre⁵.

Se ha mencionado ya anteriormente, cómo el O_2 y el ozono O_3 absorben prácticamente toda la radiación UV solar de longitudes de onda menores a 280-290 nm. Es decir, la atmósfera terrestre nos protege de la radiación del UV-C. Sin embargo, en la banda del UV-B se encuentran algunas de las longitudes de onda con los umbrales más bajos de reactividad biológica del ojo humano: del orden de $1 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$ para exposición continua a 290 nm. Sin embargo, este umbral crece exponencialmente para longitudes de onda mayores, siendo 300 veces mayor para longitudes de onda de 315 nm^{5,6}. Las bandas UV-B y UV-C provocan en el ojo humano la dolorosa afección denominada keratoconjuntivitis, ya que esta radiación es absorbida en la córnea y en la conjuntiva. Esto explica asimismo el bajo umbral de daño por radiación de algunas longitudes de onda en estas bandas, éste se debe a que al ser éstas las membranas más externas del ojo humano y carecer de la protección que el lente y el humor vítreo ofrecen a la retina y a la fovea. Los bajos umbrales de afectación para radiación de longitudes de onda en estas bandas UV-C y UV-B demandan que los filtros de radiación solar que se aprueben para distribución comercial, o fabricación casera, para observación del Sol deben atenuar drásticamente la radiación para longitudes de onda desde 280 hasta 320

FIGURA 2



El mismo espectro de radiación solar en escala lineal para las longitudes de onda, indicando las bandas de absorción resultantes debido a los diferentes gases de la atmósfera indicados. Figura tomada de la referencia 9.

nm, por lo menos en un factor de 10,000 veces, ya que en esta región espectral el Sol nos hace incidir intensidades 100 a 1,000 veces mayores a los máximos tolerables.

Niveles excesivos de radiación UV han sido sugeridos como agentes causales de cataratas⁵, incluyendo radiación de las longitudes de onda en la banda UV-A. En la referencia 6 se recomienda un límite de 1 mW/cm² para exposición continua a radiación de la banda UV-A. Como se mencionó, incide radiación solar en esta banda con un factor de aproximadamente 1,000 veces mayor al del valor umbral recomendado.

IV. Riesgos de quemaduras retinales (400-1,500 NM)

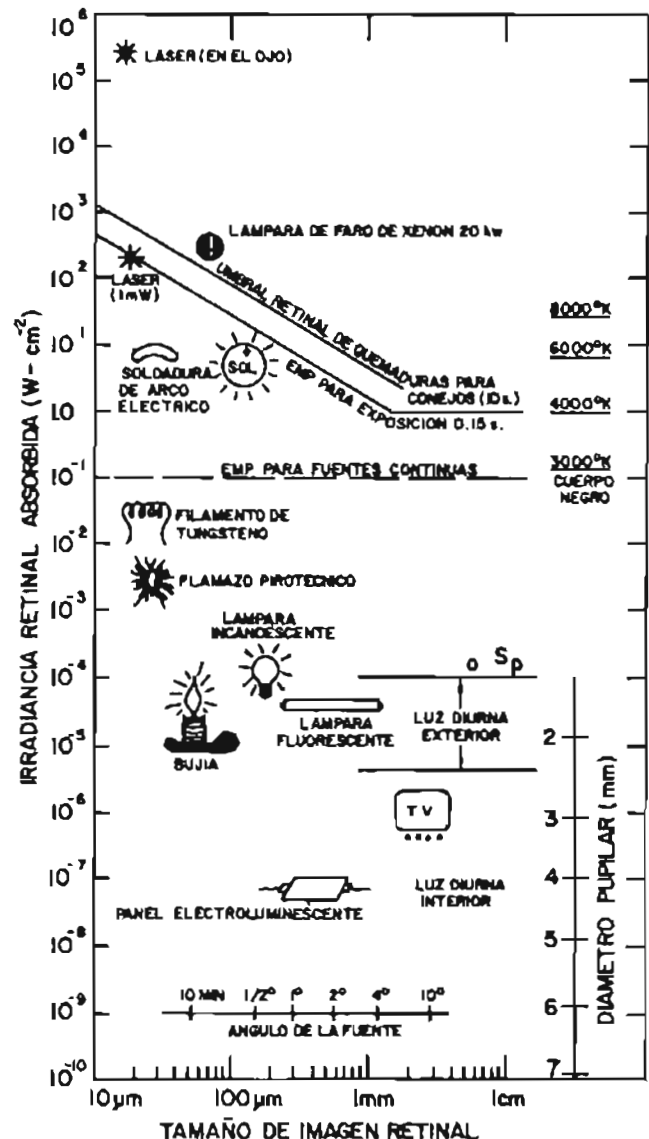
Las quemaduras retinales resultan en cicatrices con completa destrucción de las células fotorreceptoras (bastones y conos) lo que ocasiona disminución de la vista o ceguera total dependiendo de la magnitud del área dañada. Se produce un daño térmico permanente cuando la temperatura de los fotorreceptores se incrementa en 23° Celsius por encima de la temperatura del cuerpo. Sin embargo, el daño fotoquímico mencionado en el contexto de los efectos del UV sucede con sólo un incremento de 2° Celsius de la temperatura de los fotorreceptores por encima de la normal del cuerpo humano^{5,7}.

La popularización del láser como herramienta científica e industrial obligó a la realización de amplios estudios sobre el efecto de lesiones retinales térmicas⁵. En este caso se debe tener en cuenta lo siguiente: para radiación en el visible el reflejo del parpadeo ofrece una buena protección que instintivamente obliga a desviar la vista de fuentes excesivamente luminosas. Asimismo, la contracción pupilar es un mecanismo adicional de protección ante la luminosidad excesiva.

El tamaño pupilar determina la cantidad de energía radiante que entra al ojo. La energía admitida es proporcional al área de la pupila. Asimismo, el ángulo subtendido por la fuente lumi-

nosa juega un papel muy importante en la cuantificación de los umbrales para daño retinal. La razón de esto es el hecho de que el tamaño de la imagen en la retina influye de la siguiente manera: una imagen grande, impide que las células que se han calentado en el centro disipen, por conducción, el calor a las células vecinas, ya que éstas se

FIGURA 3



Irradiancia retinal absorbida debido a fuentes luminosas diversas, en función del tamaño que forman en la retina, para ángulos de subtendido promedio para los objetos emisores en una observación típica. La línea horizontal denominada diámetro pupilar indica el tamaño que ésta adquiere para el nivel de iluminación ambiental indicado en la escala vertical. Figura tomada de la referencia 5.

encontrarán a la misma temperatura. Una imagen pequeña sí permite esta disipación, aun para intensidades de radiación que ocasionarían daño instantáneo en imágenes extendidas. Esta dependencia en el tamaño de la imagen en la retina de la fuente luminosa es lo que explica la posibilidad del ojo humano para ver instantáneamente al Sol sin dañarse; el Sol visto directamente sustituye una imagen de aproximadamente $160\ \mu\text{m}$ en la retina. Sin embargo, la observación del mismo Sol a través de binoculares o un telescopio aumentan el tamaño de la imagen formada en la retina, lo que hace más probable una quemadura retinal.

Los resultados de diversos estudios en monos sugieren que el umbral de generación de lesiones retinales debido a exposición continua es de $0.2\ \text{W}/\text{cm}^2$ ^{25,8}. En la Figura 3 se resumen de manera gráfica las irradiancias retinales esperadas debido a diferentes fuentes luminosas. La línea inclinada que empieza entre las intensidades de 10^2 y $10^3\ \text{W}/\text{cm}^2$ etiquetada como EMP (exposición máxima permitida) para exposiciones de 0.15 segundos ilustra la dependencia de este umbral con el tamaño de la imagen retinal formada por la fuente. Los umbrales han sido fijados por la Agencia de Higiene Ambiental del Ejército de los Estados Unidos con un factor de seguridad de 2.5⁵.

En la Figura 3 se ve que el Sol tiene una irradiancia 100 veces mayor que la EMP para esta zona espectral, la cual contiene 72.34% de la energía de la constante solar, aunque a nivel del mar una cantidad significativa de esta energía es removida por la absorción del agua y del CO_2 , Figura 2. Para ofrecer un buen margen de seguridad, un filtro deberá atenuar por un factor de 1,000 por lo menos en esta zona espectral.

Por último, para la región espectral del infrarrojo de longitudes de onda de 1,500 a 1,900 nm se ha determinado que la córnea y el medio del lente absorben toda radiación incidente.

Después de 1,900 nm la córnea absorbe sola la radiación. Los nervios sensores terminales en la córnea son extremadamente sensibles a pequeños incrementos de la temperatura produciendo una respuesta muy dolorosa en los humanos⁵. Ocupacionalmente se ha definido una intensidad de $0.1\ \text{W}/\text{cm}^2$ como segura, para esta radiación infrarroja que contiene el 13.86% de la energía de la constante solar. Aunque de nuevo existe una absorción significativa de parte de esta radiación en varias bandas espectrales por el agua y el CO_2 de la atmósfera.

V. Características necesarias para filtros solares

La Secretaría de Salud fijó como normas de protección que los filtros para observación solar para el eclipse del 11 de julio de 1991 deberían tener un factor de atenuación mínimo de 1/50,000 en cualquier parte del espectro entre 285 y 1,500 nm. De lo discutido anteriormente se ve que el margen de seguridad exigido era bastante adecuado y ofrecía márgenes de protección que van de 50 a 5,000 veces los mínimos requeridos. El siguiente aspecto a considerar es el de qué tipo de materiales pueden satisfacer estas normas.

Esto no es un asunto trivial, ya que los filtros que se han usado hasta ahora, películas veladas, papel mylar platea-

FIGURA 4

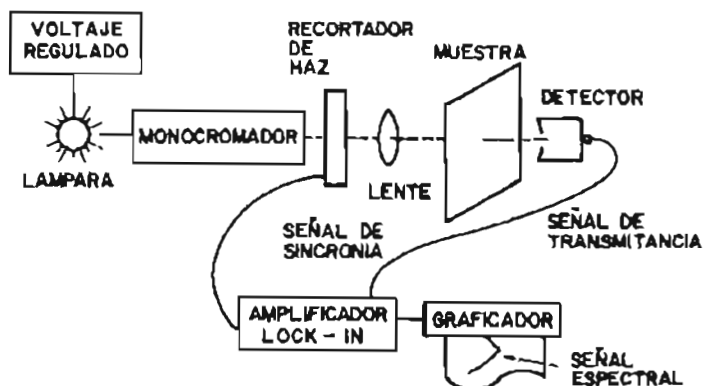


Diagrama esquemático de un sistema modular de equipo para medición de la transmitancia de materiales.

do, etc., sólo filtran una parte del espectro solar. Por lo general son parcialmente transparentes a la radiación ultravioleta, donde el ojo humano tiene sus umbrales de daño más bajos. Además de esto, tienen el defecto, principalmente el papel mylar, de que no son homogéneos y permiten el paso de radiación sin atenuar a través de gran parte del filtro.

Estas conclusiones las hemos obtenido después de estudiar las mediciones de transmitividad de algunos de esos materiales realizadas en el Instituto de Física de la Universidad Autónoma de Puebla. A continuación describimos la forma de caracterización.

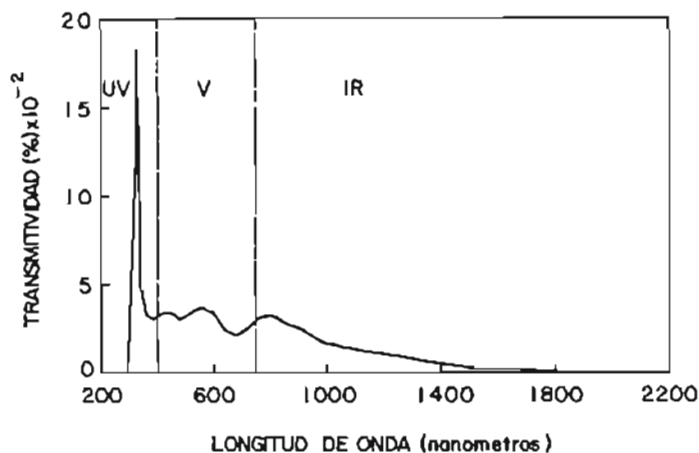
VI. Caracterización óptica

Para caracterizar la transmitancia de un material, se mide primero (o simultáneamente) la fuente de luz en la ausencia del material para tener esta señal como referencia. Una vez calibrada, se interpone el material a medir entre la fuente y el detector. Es aconsejable, mas no indispensable, medir simultáneamente ambas señales; el haz de referencia y el que se mide a través de la muestra. Esto corrige cualquier fluctuación instantánea de la fuente luminosa. En caso de medirse secuencialmente estas dos señales, se repiten varias veces esas mediciones y se promedian los espectros respectivos. La transmitancia se obtiene dividiendo la señal transmitida entre la señal de referencia. Este procedimiento se hace para cada longitud de onda.

La forma más sencilla de efectuar estas mediciones es por medio de un espectrofotómetro tipo Beckmann o Perkin Elmer, que cubra desde 200-250 nanómetros hasta 1-2 micras. Estos equipos tienen un canal o área donde se coloca la muestra y se pueden medir los dos haces de luz simultáneamente.

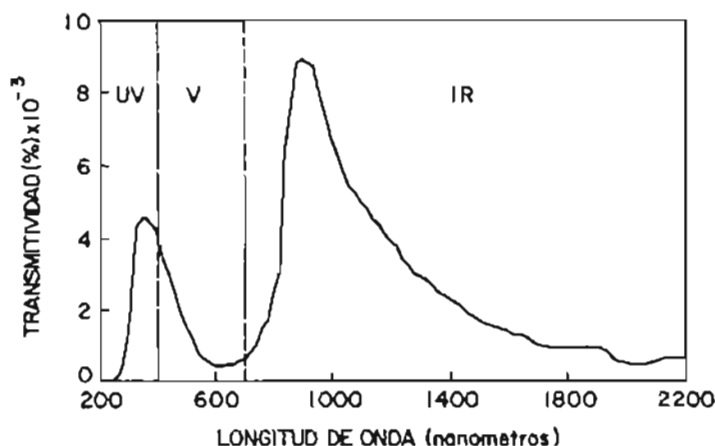
Si no se cuenta con ese equipo, otra opción es trabajar con elementos modulares, Figura 4: lámpara de mercurio-xenón como fuente de luz ultravioleta, visible y cercano infrarrojo, monocro-

FIGURA 5



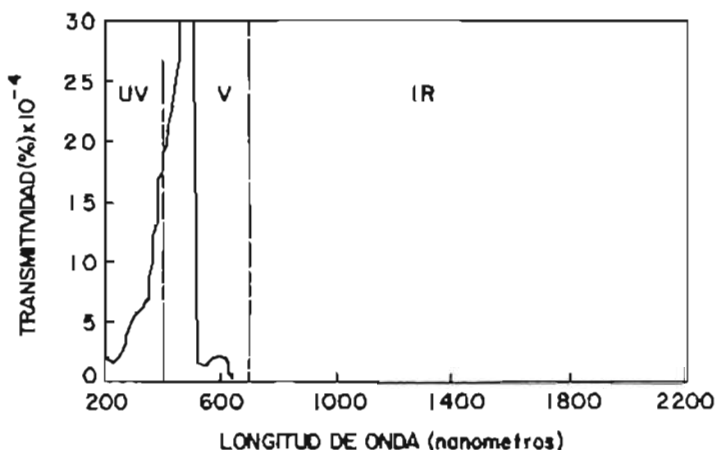
Transmitividad característica de una película, blanco y negro, velada y procesada por técnicas convencionales, como función de la longitud de onda de la radiación.

FIGURA 6



Transmitividad de un filtro formado por dos capas de papel mylar, como función de la longitud de onda de la radiación. Este filtro tiene la característica de no ser homogéneo.

FIGURA 7



Transmitividad de un vidrio de soldador del número 12, como función de la longitud de onda de la radiación.

mador de luz con mecanismo de relojería o controlado por computadora para efectuar el barrido espectral, recortador de haces de luz con generador sincrónico de señal de referencia para detección y amplificación de la señal sensible a fase (*lock-in amplification*) y registrador o computadora en línea para registrar los datos y procesarlos.

VII. Transmitividad de algunos materiales

A continuación se presentan los resultados de algunos materiales medidos en nuestros laboratorios. En la Figura 5 se presenta la transmitancia de una película fotográfica, blanco y negro, velada y procesada por medio de las técnicas convencionales. El grado de atenuación de la intensidad de la luz depende del tiempo de velado y revelado, y de las características particulares de la película. Aunque estos filtros dan una protección adecuada en el visible, e infrarrojo, todas tienen la propiedad de permitir el paso de radiación ultravioleta en una banda de 300-350 nanómetros. Esta radiación no la percibe el ojo humano, y el uso de sólo este tipo de materiales para ver el Sol puede producir lesiones graves en los ojos.

La transmitancia característica de un filtro hecho por dos capas de papel

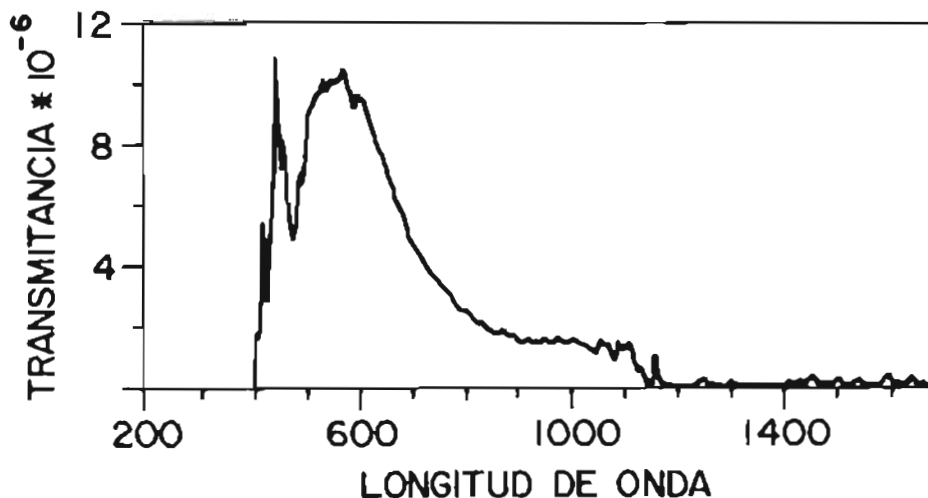
mylar aluminizado se muestra en la Figura 6. Este filtro, aunque atenúa considerablemente en el rango de luz visible, tiene dos ventanas muy grandes, una en el ultravioleta y otra en el infrarrojo cercano. Otro defecto, tal vez el más grave, es que no es homogéneo, lo cual se percibe mediante una simple observación visual poniéndolo enfrente de una lámpara o foco cualquiera, lo que permite el paso de la radiación sin atenuar, lo cual es extremadamente peligroso para el ojo.

Otro tipo de dispositivo que se usa para la observación del Sol son los vidrios de soldador. En la Figura 7 mostramos la transmitividad de un vidrio de soldador número (o "sombra") 12. En esta Figura se ve que el material tiene una ventana muy amplia que abarca el ultravioleta y el visible; en particular permite el paso de la luz cerca del azul con poca atenuación. La radiación infrarroja es atenuada casi completamente.

De estos resultados se puede concluir lo siguiente:

- i) La transmitividad óptica de un material depende de la longitud de onda de la luz.
- ii) Ninguno de los materiales estudiados atenúa en forma constante, en todo el espectro requerido, la transmisión de radiación.

FIGURA 8



Transmitividad de un filtro óptico construido a base de varios materiales [10], como función de la longitud de onda de la radiación.

iii) Todos los materiales estudiados tienen ventanas de transmisión (regiones del espectro donde la atenuación es mucho menor que en el resto). Consideramos que el uso de aquellos que permiten el paso de la luz ultravioleta, son los de mayor riesgo, dado que es la radiación que con más bajas intensidades puede ocasionar daño al ojo humano.

VIII. Nuevos materiales

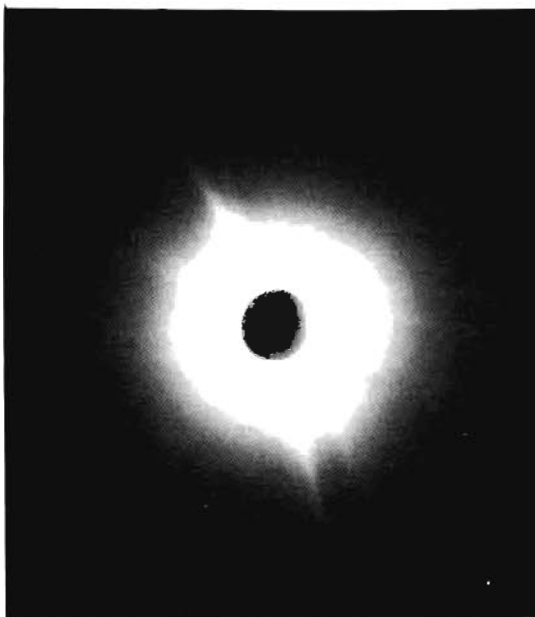
El estudio de las propiedades ópticas de materiales llevó a investigadores del Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí al desarrollo de un filtro para observación solar (patente en trámite)¹⁰. Este filtro, está construido con una combinación de materiales con características ópticas complementarias. Como se puede apreciar en la Figura 8, éste tiene la propiedad de atenuar la radiación en todo el rango del espectro solar por factores mayores que los mínimos exigidos por la Secretaría de Salud. En la Figura 8 se muestra la curva de transmitancia de este filtro, denominado Eclipsol. Se ve que muestra transmisiones inferiores a una parte por millón en toda la región espectral requerida de 200 a 1,800 nm, que se debe comparar con la exigida por la SS de 2 partes por cien mil. Se ve que el margen de seguridad ofrecido por este filtro es muy adecuado para la protección de la vista humana.

Uno de los materiales que forman el filtro elimina toda la radiación ultravioleta con longitudes de onda menor de 368 nanómetros y la atenuación de la radiación en el resto del espectro se logra con película velada blanco y negro. Las características de este filtro permiten una observación solar sin los riesgos mencionados anteriormente.

IX. Conclusiones

La observación del Sol durante eclipses es un asunto delicado que requiere de filtros apropiados. El uso de filtros no adecuados puede traer como consecuencia daños importantes en los ojos. Hasta hace poco no se conocía ningún filtro

que brindara protección visual en todo el espectro de radiación solar. La investigación científica de nuevos materiales ha permitido el diseño de dispositivos que protegen la vista durante la observación solar. Estos filtros garantizan una observación segura del bello espectáculo que nos proporciona el Sol, particularmente durante los eclipses como el del pasado 11 de Julio de 1991.



Referencias

- ¹ Thekaekara, M.P., *Appl. Opt.*, Vol. 15, 1976, p 915.
- ² Kondratiev, K.Y., *Radiation in the Atmosphere*, Academic Press, New York, 1969, p. 107.
- ³ Granqvist, C.G., *Appl. Opt.*, Vol. 20, 1981, p. 2606.
- ⁴ *Handbook of Chemistry and Physics 66th Edition*, CRC Press, Boca Raton, Flida., 1986, p. F-146.
- ⁵ Sliney, D.H. and Freasier, B.C., *Appl. Opt.*, Vol. 12, 1973, p. 1297.
- ⁶ *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, "Threshold Limit Values of Physical Agents Adopted by ACGIH for 1971" (ACGIH, Box 1937, Cincinnati, Ohio, 1971).
- ⁷ Chou, B.R., *Sky and Telescope*, Vol. 119, 1981.
- ⁸ Kuwabara, T. and Gorn, R.A., *Arch Ophthalmol.* Vol. 79, 1968, p. 69.
- ⁹ Sánchez Sinencio, F., *Ciencias*, Vol. 31, 1980, p. 91.
- ¹⁰ Mejía-Lira, F., Morán-López, J.L. y Villaseñor-González, P., patente en trámite, expediente 24384, folio 11916.

LA NUEVA Y SORPRENDENTE QUÍMICA DEL CARBONO: LOS FULLERENOS

José Antonio Guevara García

Maestría en Química,
Universidad Autónoma de Puebla

Aarón Pérez Benítez

Escuela de Ciencias Químicas,
Universidad Autónoma de Puebla

Enrique González Vergara

Maestría en Química,
Universidad Autónoma de Puebla

En 1985, un grupo de investigadores de la Universidad de Rice, E.U., y de la Universidad de Sussex, Inglaterra, observaron una señal en el espectrómetro de masas correspondiente a una molécula muy estable de 60 átomos de carbono, C_{60} , producto de la condensación de vapor de carbono sublimado por una descarga de rayos laser. Basándose en un modelo hecho de papel, estos investigadores propusieron que, dada la estabilidad de la molécula, la estructura debería ser la de un cúmulo semejante a un icosaedro truncado con 12 caras pentagonales y 20 caras hexagonales (véase Figura 1), y la denominaron "Buckminsterfullerene" o "Buckyball", debido a su semejanza estructural con un domo geodésico

de igual número de vértices diseñado por el arquitecto Richard Buckminster Fuller. Una estructura análoga más conocida, corresponde a la de un balón de fútbol soccer, por lo que el nombre de "futboleno" ha sido también adoptado, y de hecho así es como se le conoce en español.

Este descubrimiento fue confirmado en mayo de 1990, cuando científicos del Instituto Max Planck, en Alemania, encontraron que calentando una barra de grafito en atmósfera de helio se produce C_{60} en cantidades apreciables. Varios laboratorios de todo el mundo comenzaron a producir futboleno, desatando una explosión de investigación en este nuevo campo. En julio de 1991, la síntesis del C_{60} se hizo de una manera más sencilla por el descubrimiento de que el C_{60} también se encuentra presente en el hollín de la flama que produce el benceno al quemarse.

Simultáneamente con el descubrimiento del futboleno, otros cúmulos de carbono de distintos tamaños producidos en mucho menor cantidad que el C_{60} comenzaron a llamar la atención de los científicos, estableciéndose el nombre genérico de "fullerenos" (fullerenos: léase fulerenos en español) para esta familia (véase Figura 2).

La historia continúa y, para finales de 1991, se había encontrado que el C_{60} dopado¹ apropiadamente es superconductor y magnético, y la familia de los

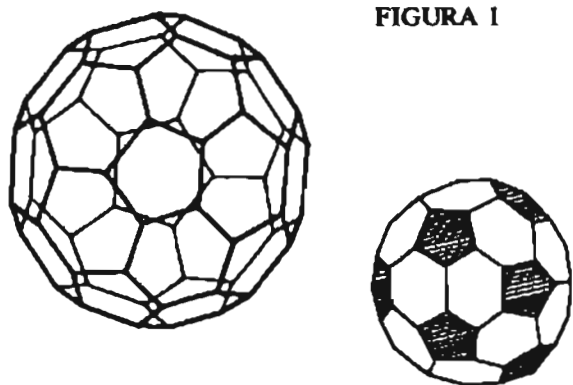


Diagrama esquemático del futboleno junto al dibujo de un balón de fútbol. Ambas son estructuras icosaédricas truncadas.

fullerenos se extendió para incluir formas asimétricas así como fibras cilíndricas denominadas "buckytubes" (tubolenos en español) (véase Figura 3). En un torrente de novedades, el C_{60} fue decorado con radicales orgánicos, con fluoruros, y con complejos de níquel, paladio, osmio y platino (véase Figura 4). Se logró también extenderlo con átomos de carbono adicionales, y sintetizarlo englobando metales como el lantano y el itrio (véase Figura 5).

La versatilidad química del futboleno es increíble: reacciona con reactivos de Grignard, con metales alcalinos tales como potasio y rubidio, y con halógenos como el flúor. La molécula misma, así como muchos de sus derivados son solubles sólo en disolventes orgánicos, pero recientemente se han sintetizado derivados con aminas que son solubles en agua. También se ha reportado que el C_{60} puede actuar como una verdadera esponja de radicales libres, capaz de absorber decenas de estas especies químicas altamente reactivas. Los radicales libres son cruciales en los procesos comerciales de polimerización, y algún día los compuestos de fullerenos pueden ser muy útiles en tales procesos.

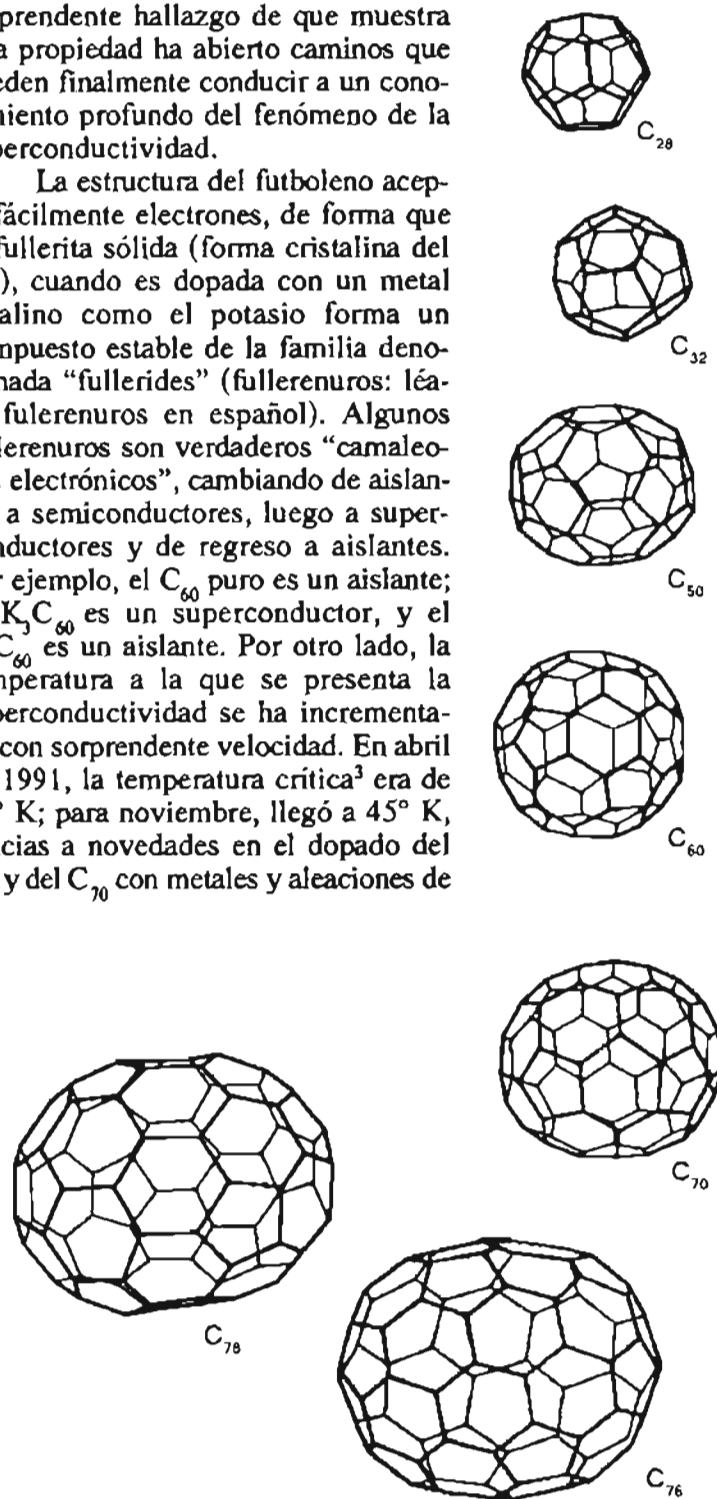
¿Cómo hace el futboleno para realizar sus hazañas químicas? En el C_{60} , los átomos de carbono están organizados formando estructuras hexagonales y pentagonales que se unen de una manera coordinada para formar una molécula esférica hueca con una distribución uniforme en su tensión de enlace sobre todos los átomos de carbono. Algunos electrones se encuentran deslocalizados sobre toda la molécula, de una manera mucho más pronunciada que en el benceno. Pero el benceno es plano, y muchos de sus derivados también lo son; así que el futboleno, esférico por naturaleza, prácticamente añade una nueva dimensión a la química de los compuestos aromáticos y es una nueva forma alotrópica del carbono ².

En adición a la apertura de este nuevo campo de la Química, el C_{60} también muestra propiedades físicas interesantes. Es tan resistente a los impactos que ha sido sugerido como un superlubri-

cante, hay evidencias de superconductividad, y al adicionarse a las películas de diamante, facilita el crecimiento de los cristales de este último. Todavía no hay una aplicación práctica de sus propiedades superconductoras, pero el sorprendente hallazgo de que muestra esta propiedad ha abierto caminos que pueden finalmente conducir a un conocimiento profundo del fenómeno de la superconductividad.

La estructura del futboleno acepta fácilmente electrones, de forma que la fullerita sólida (forma cristalina del C_{60}), cuando es dopada con un metal alcalino como el potasio forma un compuesto estable de la familia denominada "fullerides" (fullerenuros: léase fullerenuros en español). Algunos fullerenuros son verdaderos "camaleones electrónicos", cambiando de aislantes a semiconductores, luego a superconductores y de regreso a aislantes. Por ejemplo, el C_{60} puro es un aislante; el K_3C_{60} es un superconductor, y el K_6C_{60} es un aislante. Por otro lado, la temperatura a la que se presenta la superconductividad se ha incrementado con sorprendente velocidad. En abril de 1991, la temperatura crítica³ era de 18° K; para noviembre, llegó a 45° K, gracias a novedades en el dopado del C_{60} y del C_{70} con metales y aleaciones de

FIGURA 2



Siete de los miembros más estables de la familia de los fullerenos en el rango de 20 a 80 átomos de carbono.

rubidio, cesio y talio. Los fullerenos todavía no están a la par de los tradicionales candidatos de superconductividad a alta temperatura, pues los óxidos mixtos de cobre han alcanzado el récord de 125° K; pero debido a que los fullerenos constituyen un sistema molecular mucho más simple, éstos pueden ofrecer un mejor entendimiento del mecanismo de la superconducción.

El ferromagnetismo, al igual que la superconducción, permanece como una misteriosa propiedad electrónica de ciertos materiales. El año pasado, el futboleno probó que también sabe hacer juegos magnéticos. Al añadir un agente reductor orgánico al futboleno, el compuesto resultante se comporta como un pequeño imán en presencia de un campo magnético, a temperaturas hasta de 16° K. El nuevo material no presenta propiedades magnéticas en ausencia del campo externo, de forma

que por sí mismo puede no tener aplicaciones, pero la búsqueda de materiales ferromagnéticos orgánicos de bajo peso molecular y con habilidad para polimerizar, ha abierto repentinamente su campo para incluir a los fullerenos.

Ningún otro miembro de la familia de los fullerenos tiene la simetría perfecta del futboleno; de hecho el C_{60} , $(I_h)C_{60}$ para ser exactos con su nomenclatura⁴, es la molécula más grande y más simétrica que existe. Sin embargo, las estructuras de más baja simetría pueden ser prometedoras. Se ha encontrado que el C_{76} , el C_{78} y el C_{84} tienen al menos un

isómero con forma de cilindro helicoidal, en el cual se presenta el fenómeno de la quiralidad⁵. Estas estructuras pueden tener aplicaciones fascinantes, tal como la creación de nuevos materiales ópticos.

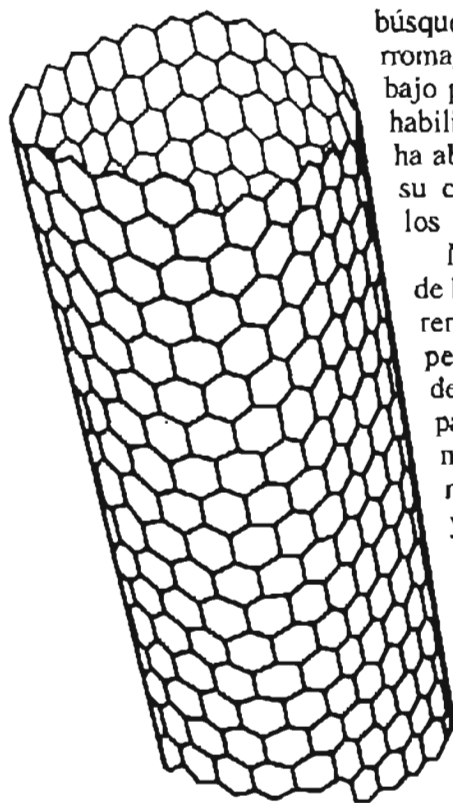
La química de los fullerenos se desarrolla en una forma tan vertiginosa que recuerda el desarrollo de la química del benceno a finales del siglo pasado. Así por ejemplo, a los químicos que por años se han esforzado por sintetizar moléculas con cavidades, y por modificar las propiedades de éstas para atrapar y transferir diferentes iones y/o átomos, ahora, les cae en las manos una molécula hueca por naturaleza. Eventualmente, los químicos podrán confeccionar fullerenos que sirvan como contenedores moleculares, armaduras para compuestos radioactivos, o agentes liberadores de drogas. El año pasado, átomos de lantano pudieron encerrarse dentro del futboleno (véase Figura 5). La próxima meta es abrir una puerta en la estructura de los fullerenos para permitir el libre tránsito de iones y/o átomos.

Otra estructura interesante es la que se encontró en el hollín depositado sobre un electrodo de grafito usado para sintetizar fullerenos, este material contenía agujas de carbón formadas por tubos anidados muy delgados. Las moléculas de fullerenos en forma de tubos (tubolenos), pueden tener una sorprendente mezcla de propiedades, incluyendo gran resistencia, ya que las fibras de las formas convencionales de carbono son ya las más fuertes conocidas. Además, es factible que las moléculas más grandes de fullerenos sean quirales y que tengan incorporados tubolenos en su estructura.

De cara al futuro

Los fullerenos aparecieron en la Química y la Física sólo hace pocos años y han capturado el entusiasmo de experimentalistas y teóricos. Artículos referentes a ellos salen en las revistas científicas importantes cada semana. Toda esta actividad ha justificado que la revista *Science* haya conferido al C_{60} el título

FIGURA 3



Representación esquemática de un tuboleno. La figura presenta los extremos abiertos, aunque se supone que éstos se cierran con la incorporación de una combinación de unidades pentagonales y hexagonales en cada lado. La estructura es espiral.

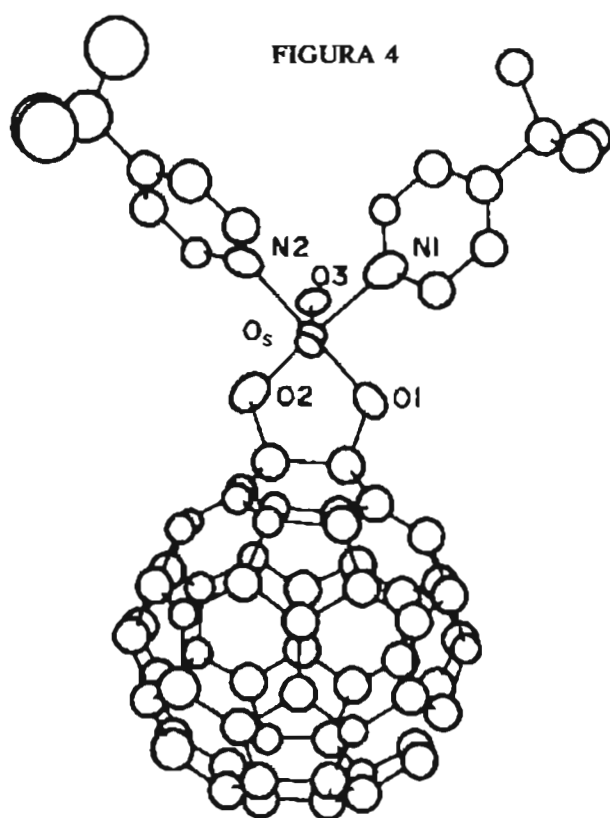


Diagrama de Difracción de Rayos-X del compuesto formado entre el complejo OsO_4 (4-ter-buólpiridina) $_2$ y el C_{60} , mostrando la unión por dos átomos de oxígeno.

de "la molécula del año", por la contribución científica y tecnológica que pueda tener esta molécula en el futuro (véase Figura 6).

La química de los fullerenos puede convertirse en una rama industrial muy importante, ya que tiene aplicaciones potenciales en catálisis y polimerización, así como en —el más distante— desarrollo de su superconductividad y ferromagnetismo. De entre las propiedades físicas del C_{60} , que destacan por sus posibilidades están: la superconducción en tres dimensiones a 45° K, del C_{60} dopado con Cs y Rb; la facilidad de su crecimiento sobre Arseniuro de Galio (GaAs), para producir dispositivos semiconductores; la posibilidad de atrapar átomos dentro de su estructura; y, la posibilidad de ser el mejor lubricante nunca antes conocido.

Nuevos avances y descubrimientos esperan a los fullerenos en un futuro

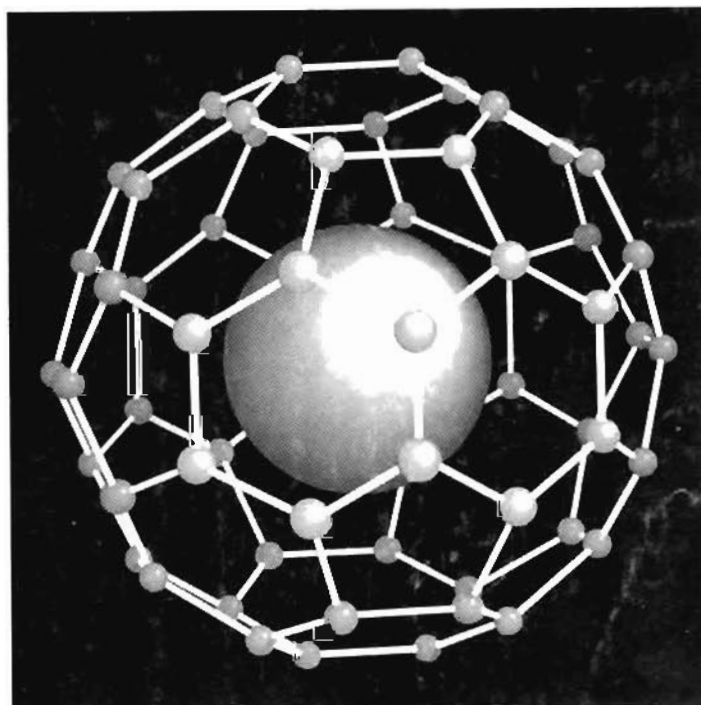
cercano. Primeramente considerados como ejemplos de estabilidad física, se han convertido en una de las clases de moléculas más versátiles conocidas. Continúan asombrando a todos con una propiedad sorprendente tras otra, y es previsible que en un lapso corto las primeras aplicaciones concretas empiecen a darse, demostrando sin lugar a dudas, que los fullerenos son más que curiosidades químicas.

Actualmente es posible conseguir un gramo de C_{60} puro por la módica suma de cuatro mil dólares (E.U.), aunque probablemente sea factible encontrarlo en el hollín acumulado en el calentador de nuestra propia casa.

Agradecimientos

A la SEP por el apoyo otorgado via el convenio SEP-DGICSA 91-21-001-24. A Andoni Garritz por haber motivado nuestro interés en el desarrollo de este tema.

FIGURA 5



Esquema de la molécula del C_{60} encapsulando a un átomo de lantano.

Notas

¹ La acción de dopar consiste en añadir cantidades no estequiométricas de átomos o iones en la red cristalina de un material para llenar parcialmente sus huecos intersticiales, lo que resulta en una modificación de sus propiedades electrónicas.

² Las tres formas alotrópicas conocidas del carbono son entonces: el diamante, el grafito y la fullerita.

³ La temperatura crítica es la temperatura a la cual se da la transición desde un estado aislante o conductor a un estado superconductor (conducción sin resistencia).

⁴ En la literatura científica empieza a consolidarse la terminología $(S)C_X$, donde S es el grupo puntual y X es el número de átomos de carbono; agregándose un prefijo que designa al isómero óptico cuando es el caso.

⁵ Las moléculas que carecen de ejes impropios de simetría presentan actividad óptica, es decir, desvían el plano de la luz polarizada (como el azúcar, por ejemplo), y se denominan quirales.

Lecturas recomendadas

Kroto, H.W., Heath, J.R., O'Brien, S.C., Curl, R.F., Smalley, R.E. " C_{60} , Buckminsterfullerene", *Nature*, Vol. 318, 1985, p. 162.

Krastchmer, W., Lamb, L.D., Fostiropoulos, K., Huffman, D.R., "Solid C_{60} , A new form of carbon", *Nature*, Vol. 347, 1990, p. 354.

Kroto, H.W., Allaf, A.W., Balm, S.P. " C_{60} , Buckminsterfullerene", *Chem. Rev.*, Vol. 91, 1991, p. 1213.

Pisanty, B., "Futboleno- C_{60} ", *Educación Química*, Vol. 2, No. 3, 1991, p. 140.

Taubes, G., "Futbolano: ¿La nueva molécula de carbono?", *Muy Interesante*, Vol. 11, 1991, p. 28.

Koshland, D.E., "Fullerene Isomerism: Isolation of C_{70} , C_{76} , and D_3 - C_{78} ", *Science*, Vol. 254, 1991, p. 1768.

Guevara García, J.A. y Pérez Benítez, A., "Acerca del grupo puntual del futboleno", *Educación Química*, Vol 2, No. 3, 1991, p. 109.

FIGURA 6



¿CUÁNTO VALE EN REALIDAD LA INVESTIGACIÓN BÁSICA?

José P. Segundo

Departamento de Anatomía
Brain Research Institute
Universidad de California, LA

Es inevitable que las naciones sufran limitaciones en la disponibilidad de fuerza de trabajo y financiamiento, y que, por lo tanto, se vean obligadas a evaluar las propuestas de investigación científica y técnica para luego ordenarlas de acuerdo a ciertas prioridades. Un criterio primordial en dicho ordenamiento se basa en lo inmediato y directo de las aplicaciones: en un extremo, se encuentran los proyectos "prácticos" relacionados con producción de alimentos, control de enfermedades, etc.; en el otro, los proyectos "básicos" con menos connotaciones útiles.

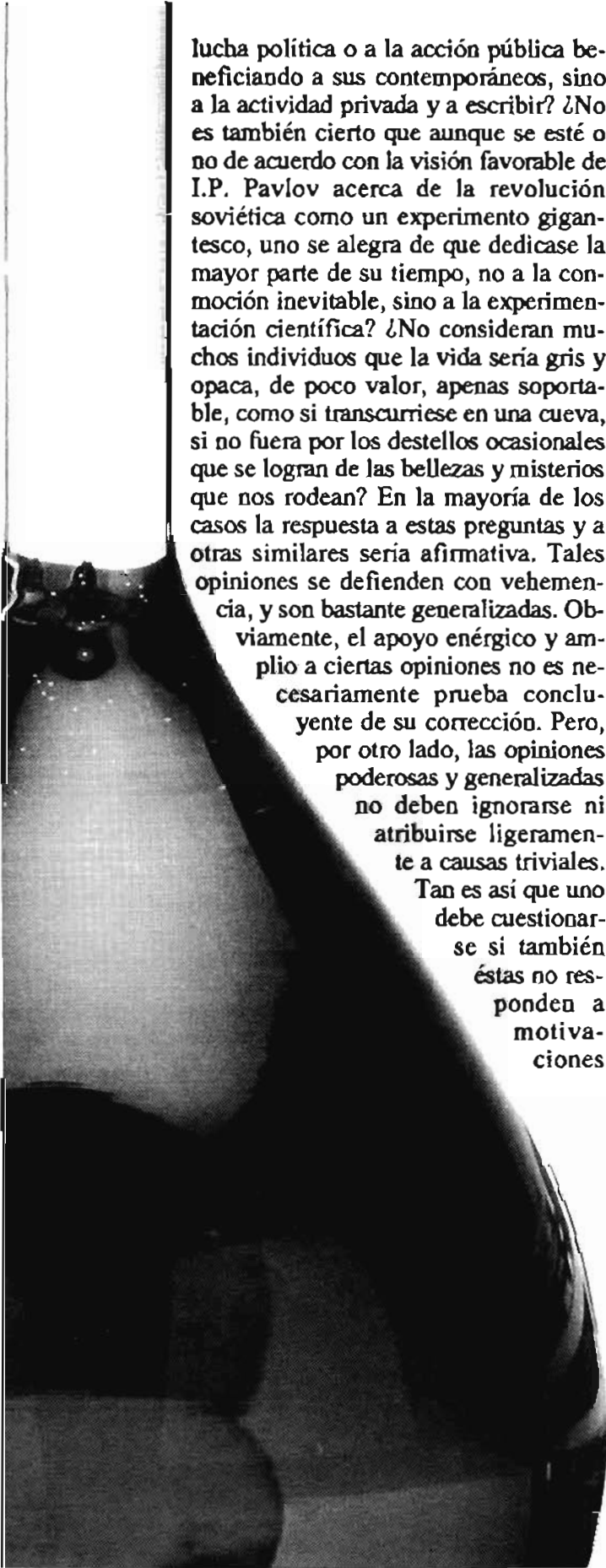
El establecimiento de tales prioridades no se enfrenta, sin embargo, con alternativas claras pues, como ocurre con la mayoría de las cuestiones fundamentales, ninguna regla general puede aplicarse rígidamente en diferentes países y épocas. Hay al respecto dos opiniones extremas: de ellas, la que favorece la investigación práctica y aplicada es la más significativa, primero por ser más común, especialmente en tiempos de crisis, y segundo porque los que la apoyan suelen tener mucho más peso administrativo. En efecto, pocos serían y poco poder tendrían los que sostuvieran la noción idílica y esencialmente ingrata del personaje de Dostoievsky de que "Shakespeare y Rafael valen más que la emancipación de los siervos". Los otros, los que creen que sólo puede autorizarse el estudio de las cuestiones prácticas, o hasta que no es oportuno hacer investigación alguna, están lejos de ser pocos y suelen ocupar posiciones menos inocuas. En la actualidad y en muchos países, el péndulo se ha desplazado -no sin cierta justificación, admi-

támoslo- hacia apoyar más a la investigación aplicada y menos a la fundamental.

La comprensión de los criterios para juzgar el valor de un cierto proyecto de investigación es una cuestión general de gran interés. Pero, como ocurre con cualquier conjunto de valores, es de discusión difícil dado que estamos provistos de un entendimiento limitado y no totalmente consistente, capaz de conducirnos a la certeza absoluta en pocos casos, si es que en alguno. Es un hecho, sin embargo, que dudas inevitables como éstas rara vez nos llevan a la pasividad completa y, como ocurre en otros casos, tratamos de adoptar una estrategia razonable y actuar de acuerdo a la misma. El valor del trabajo práctico, por un lado, se comprende fácilmente, y la gran mayoría aceptaría sin discusión la importancia genuinamente vital de las necesidades que la justifican, necesidades que se relacionan directamente con la preservación del individuo y de la especie. El valor de la investigación básica depende, desde luego, de que el conocimiento que genera favorecerá tarde o temprano la comprensión de algún problema pragmático y, por lo tanto, aumentará nuestro control sobre la naturaleza. Los siguientes párrafos alegarán que esta implicación mediata no es la única justificación de su valor.

El razonamiento surge principalmente del reconocimiento de ciertas opiniones comunes. Por ejemplo: ¿no es verdad que, aunque se esté o no de acuerdo con Dante Alighieri en su crítica a la indiferencia ante las injusticias públicas, uno aprecia enormemente el resultado del tiempo que dedicó, no a la

Recientemente visitó el Centro de Ciencias Fisiológicas de la UAP el doctor José P. Segundo, profesor del Departamento de Anatomía y del Brain Research Institute de la Universidad de California en Los Angeles. En 1973, en la revista *Perspectives in Biology and Medicine*, publicó un artículo relacionado con el valor de la investigación básica. Como esta cuestión tiene actualidad latente en 1992 decidimos traducir su trabajo como representativo de las ideas que un destacado neurofisiólogo latinoamericano tiene al respecto de este problema científico y filosófico.



lucha política o a la acción pública beneficiando a sus contemporáneos, sino a la actividad privada y a escribir? ¿No es también cierto que aunque se esté o no de acuerdo con la visión favorable de I.P. Pavlov acerca de la revolución soviética como un experimento gigantesco, uno se alegra de que dedique la mayor parte de su tiempo, no a la conmoción inevitable, sino a la experimentación científica? ¿No consideran muchos individuos que la vida sería gris y opaca, de poco valor, apenas soportable, como si transcurriese en una cueva, si no fuera por los destellos ocasionales que se logran de las bellezas y misterios que nos rodean? En la mayoría de los casos la respuesta a estas preguntas y a otras similares sería afirmativa. Tales opiniones se defienden con vehemencia, y son bastante generalizadas. Obviamente, el apoyo enérgico y amplio a ciertas opiniones no es necesariamente prueba concluyente de su corrección. Pero, por otro lado, las opiniones poderosas y generalizadas no deben ignorarse ni atribuirse ligeramente a causas triviales. Tan es así que uno debe cuestionarse si también éstas no responden a motivaciones

profundas cuya importancia biológica debería reconocerse. Parecería que los humanos actúan impulsados, no sólo por motivaciones que buscan nutrición adecuada, buena salud, etc., móviles por supuesto vitales en forma directa y elemental, sino además por otras que, al menos superficialmente y para el lego no orientado psicoanalíticamente, son difíciles de reconciliar con las anteriores, pareciendo implicar una profesión de fe instintiva en la idea que, al fin y al cabo, más allá de lo falible, cambiante, efímero, hay un significado especial y permanente en la agitada existencia del bípedo implume que avasalla su planeta

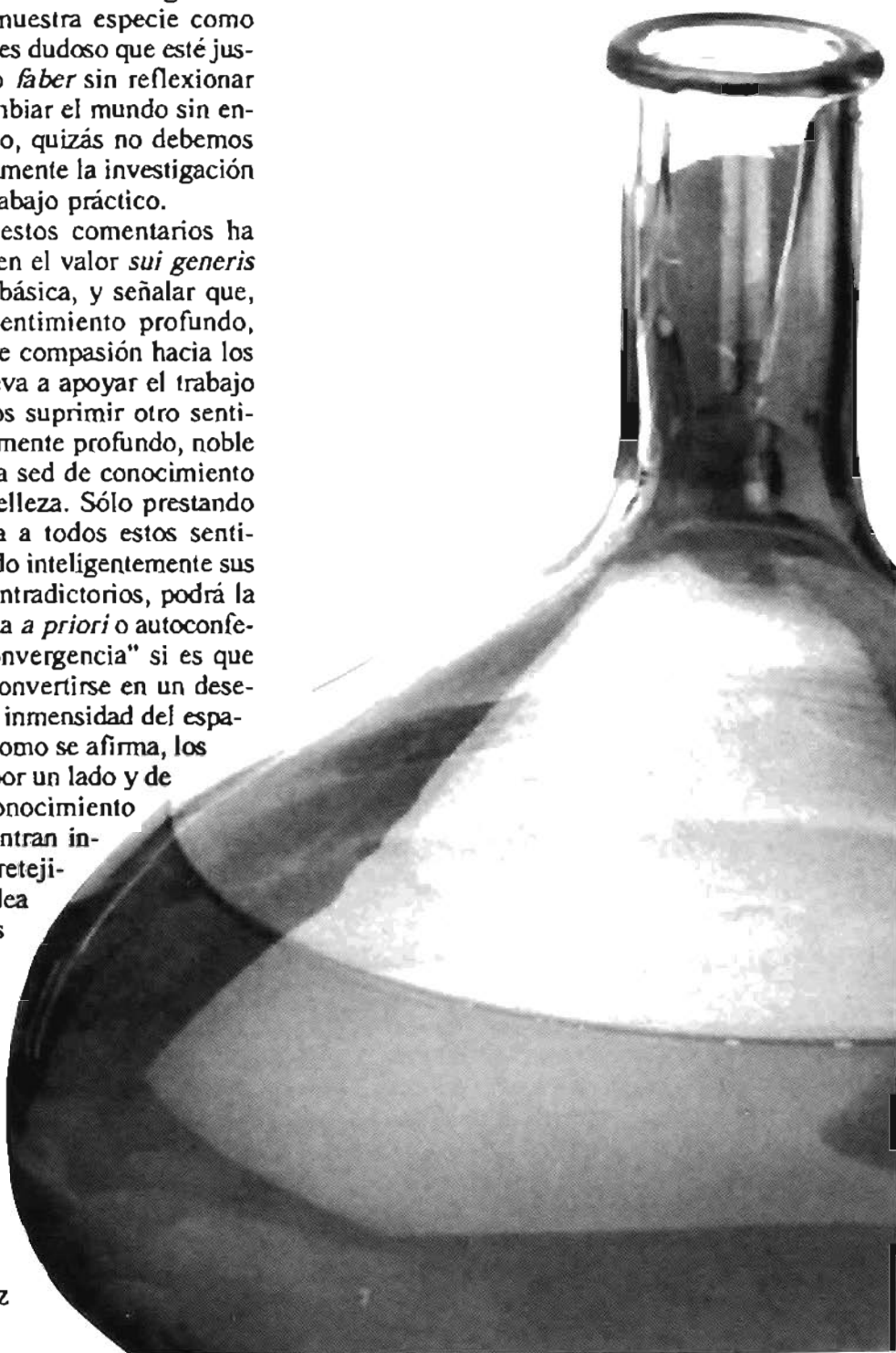
Lo que se sustenta aquí no es un argumento antropocéntrico acerca del significado cósmico especial de la especie humana. Tal idea implica un cierto misticismo, comprensiblemente insatisfactorio para el científico, y en el mejor de los casos tan incierto que es imposible siquiera estimar la probabilidad de que sea verdadero. Más bien, es la impresión de que los humanos se comportan frecuentemente como si ignorasen sus críticas y dudas válidas y, tan instintivamente y firmemente como creen que el hombre debe vivir, creyesen que "no debe vivir sólo de pan". Si estos argumentos son aceptables, es difícil evitar concluir que toda investigación y curiosidad razonables, desde las más prácticas hasta las más esotéricas, responden a motivaciones profundamente arraigadas y por lo tanto son en principio dignas de consideración y de apoyo financiero.

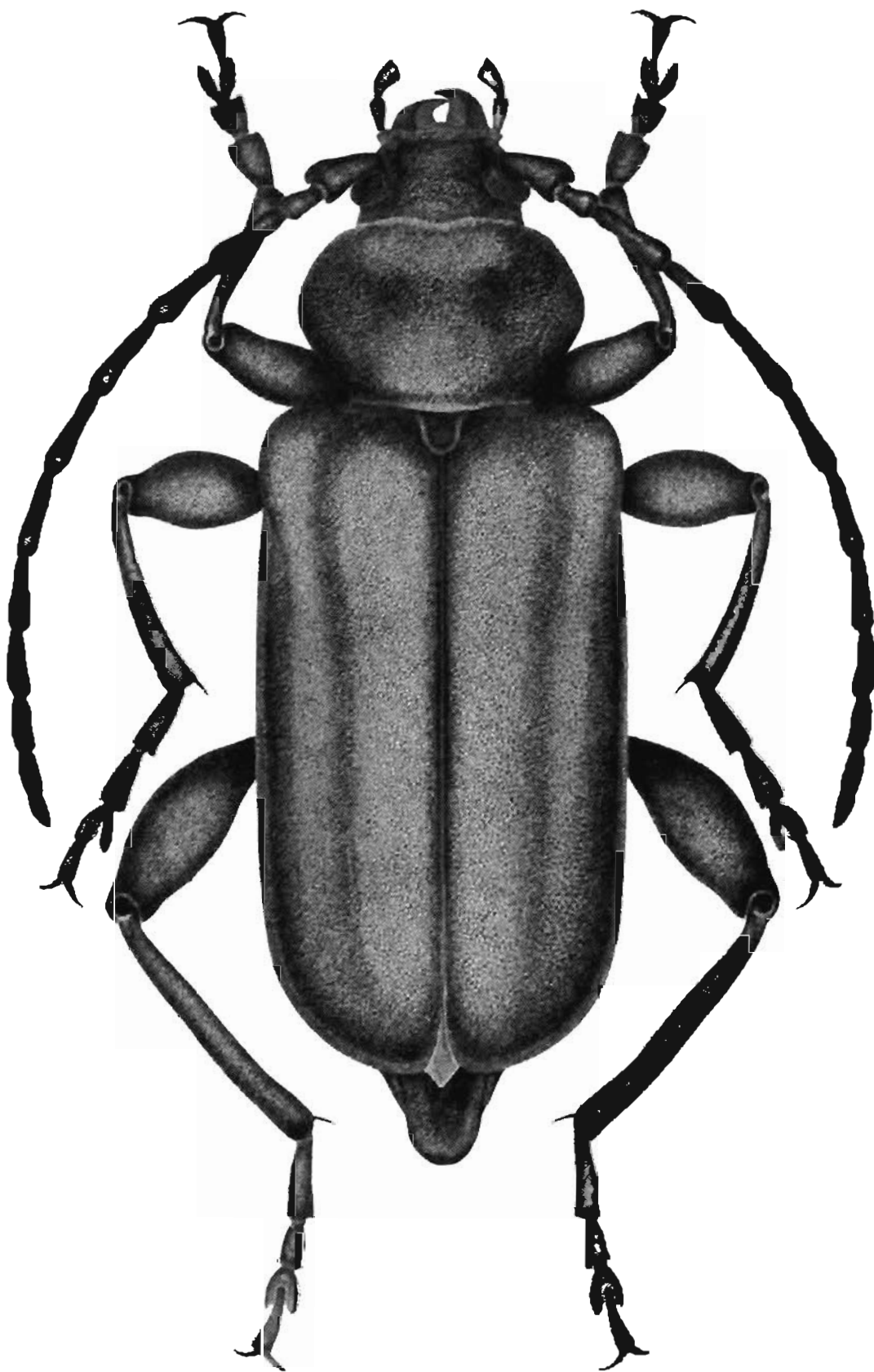
Esto no quiere decir que todos los proyectos deben tener la misma perentoriedad. Si las diferentes motivaciones debieran ordenarse de acuerdo a ciertas prioridades, una forma aceptable de hacerlo sería relacionarlas con la brevedad del plazo en el cual se parece si se les ignora. Pocos se dejarían ejecutar como Arquímedes absorto en un problema interesante, y es probable que la mayoría sacrificaría el conocimiento y la belleza por el sexo, el sexo por la comida, la comida por el agua, y esta última por el aire. No cabe duda alguna de que sobrevivir es indispensable en la

acepción más exigente del término para cualquier otra actividad: El *primum vivere deinde philosophare* (primero vivir después filosofar) significa que uno debe estar vivo, bien alimentado y sano para poder preocuparse de otras cosas. Es posible, sin embargo, que la supervivencia valga tanto por sí misma como por ser condición de otras cosas valiosas. Denominar a nuestra especie *Homo faber* sería una designación tan apropiada para nuestra especie como *Homo sapiens*, pero es dudoso que esté justificado actuar como *faber* sin reflexionar como *sapiens*, o cambiar el mundo sin entenderlo. Por lo tanto, quizás no debemos posponer sistemáticamente la investigación básica en aras del trabajo práctico.

El propósito de estos comentarios ha sido hacer hincapié en el valor *sui generis* de la investigación básica, y señalar que, para satisfacer el sentimiento profundo, noble e iluminado de compasión hacia los afligidos que nos lleva a apoyar el trabajo práctico, no debemos suprimir otro sentimiento, quizás igualmente profundo, noble e ilustrado, que da la sed de conocimiento y la necesidad de belleza. Sólo prestando atención equilibrada a todos estos sentimientos, y conciliando inteligentemente sus llamados a veces contradictorios, podrá la especie lograr su meta *a priori* o autoconferida, su "polo de convergencia" si es que alguno tiene, y no convertirse en un desecho sin sentido en la inmensidad del espacio y el tiempo. Si, como se afirma, los flujos de la energía por un lado y de la información y conocimiento por el otro se encuentran inextricablemente entretejidos, entonces esta idea puede ser algo más que simplemente el deseo subconsciente de aquellos egoístamente deseosos de obtener apoyo para satisfacer su curiosidad individual a expensas de la comunidad.

Traducción:
Oscar Díez Martínez





ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE PLAGAS AGRÍCOLAS

Leticia Alpuche Gual

Instituto de Ecología, A.C.

Cuando el hombre se agrupó en las primeras comunidades agrícolas, encontró que algunos animales le eran molestos, ya sea porque lo atacaban directamente o porque competían con él por el espacio, el alimento y otros recursos de la naturaleza. Asimismo, algunas plantas invadían sus sembrados e inutilizaban sus cosechas. De esta forma todo animal o planta indeseable para el ser humano, fue considerado una plaga; actualmente, este concepto enteramente antropocéntrico de lo que es una plaga sigue dominando.

En la naturaleza existe una diversidad de especies que, por lo general, se encuentran en un equilibrio dinámico. Por ejemplo, en una selva, o en un lago, en condiciones no perturbadas, la energía y los materiales circulan por las intrincadas redes alimenticias de tal forma que hay una gran estabilidad en el ecosistema. Como resultado, ninguna especie alcanza niveles de población exagerados, siempre que existan mecanismos de tipo físico y/o biológico que frenen su tendencia a reproducirse fuera de ciertos límites.

En las tierras cultivadas este equilibrio natural se rompe al sustituirse un ecosistema complejo por otro más simple, como lo es un monocultivo. Las especies de insectos o malas hierbas encuentran en esta nueva situación un ambiente ideal para su reproducción y es entonces cuando alcanzan la categoría de plagas.

Las plagas causan cada año grandes pérdidas a los cultivos. Se ha estimado que se pierde cada año un tercio de estos cultivos a causa de las plagas. Estas pérdidas ocurren a pesar del uso de plaguicidas y de otros métodos de control de plagas.

La población del mundo comenzó a aumentar hace casi diez mil años, cuando el hombre descubrió la agricultura, con lo cual aseguró su alimentación. En nuestros días, el control de algunas enfermedades humanas y el aumento en la producción de alimentos ha contribuido, en gran medida, al enorme crecimiento de la población. Sin embargo, de acuerdo con la FAO, mil millones de individuos en el mundo se encuentran mal nutridos y, día con día, esta cifra aumenta de modo alarmante¹.

Es evidente que la pérdida de casi un tercio de los alimentos en el mundo, a causa de las plagas, es un problema que demanda atención mundial.

En los años cuarenta, con la entrada al mercado, en escala mundial, del DDT y otros plaguicidas de su tipo, se creyó que se había encontrado la solución final al problema de las plagas, así como de los vectores de las enfermedades transmisibles, como la malaria.

A pesar de que hace más de cuarenta años que se emplean los plaguicidas sintéticos en el mundo, resulta obvio decir que los resultados obtenidos no han sido los esperados. Más aún, el uso indiscriminado de estos productos ha traído consecuencias graves, tales como:

- Desarrollo de resistencia de las plagas. La importancia económica de este problema es clara, ya que provoca mayores pérdidas de cultivos, aumento en los costos de control de plagas al tener que emplearse mayores cantidades de plaguicidas o tratamientos extras.

- Surgimiento de plagas secundarias. Se ha visto que algunos problemas graves de plagas fueron provocados por organismos que originalmente no se consideraban un riesgo para el cultivo,

pero que, al aplicar plaguicidas y acabar con los organismos competidores, aumentaban su población en forma desmesurada convirtiéndose en una nueva plaga.

- **Intoxicaciones humanas.** Los plaguicidas son sumamente tóxicos para el hombre, por lo que siempre existe un alto riesgo de intoxicación, sobre todo entre las personas que manipulan plaguicidas, aunque también la población en general está expuesta a ellos, como lo demuestran varios estudios que indican la presencia de residuos plaguicidas en alimentos como queso, huevo, verduras y, aun, en la leche materna humana.

¿Cuál es entonces la alternativa: producir, a como dé lugar, mayores cantidades de alimentos a costa de nuestro medio e incluso de nuestra salud, o bien, permitir que las plagas destruyan nuestros alimentos? Lo anterior representa un argumento común que esgrimen las compañías productoras de plaguicidas. Pero el planteamiento no tiene que ser así. Es posible producir más alimentos sin causar mayores daños al medio, a través de un control de plagas que sea menos agresivo y drástico que el control químico.

Estos otros métodos de control de plagas son más adecuados y menos dañinos para el ambiente que el control químico. Entre ellos destacan:

- El uso de plaguicidas de "tercera generación";
- El control biológico;
- La combinación de varios o de todos ellos (el manejo integrado de plagas).

Plaguicidas de "tercera generación"

Son sustancias sintetizadas en los laboratorios y son muy parecidas a otras producidas por los mismos insectos y las plantas; estos compuestos tienen efectos fisiológicos que alteran el desarrollo y maduración normales de los organismos-plaga, o bien provocan una alteración en el comportamiento de los insectos². Entre ellos resaltan, por su importancia y aplicación práctica:

1. Las hormonas del crecimiento

2. Las feromonas
3. Los aleloquímicos
4. Los compuestos tóxicos derivados de plantas.

1. Hormonas del crecimiento. Éstas son sustancias que los insectos secretan en ciertas etapas de su vida, para regular el crecimiento y su metamorfosis de larva a pupa y a adulto².

Los periodos en los cuales la hormona debe estar ausente son el punto débil de los insectos. Si los huevos de los insectos están en contacto con la hormona en un momento dado, ésta penetra en ellos y provoca una perturbación letal en su desarrollo posterior. El resultado es que los huevos se malogran o los insectos inmaduros mueren sin reproducirse. Así pues, estas hormonas tienen la ventaja de ser específicas, no son tóxicas para los seres humanos y no provocan fenómenos de desarrollo de resistencia.

2. Feromonas. Éstas son sustancias químicas secretadas hacia el exterior por un individuo y que son recibidas por un segundo individuo de la misma especie, trayendo como consecuencia una reacción específica en el comportamiento o en el desarrollo de algún proceso. En general, el término feromona se emplea para designar compuestos que actúan como sustancias indicadoras de comportamiento reproductivo, alarma y defensa, territorialidad y marcado de rutas, regulación social y reconocimiento, así como el control de la diferenciación de castas³.

Las ventajas que presentan las feromonas son que se requieren cantidades relativamente pequeñas, son altamente selectivas y su toxicidad para el hombre es prácticamente nula.

3. Aleloquímicos. Por lo general estos compuestos son constituyentes secundarios de las plantas, es decir, son sustancias no nutritivas para las plantas y que éstas los producen para afectar el comportamiento y desarrollo de los insectos. En este grupo se pueden incluir a los atrayentes a la fuente de alimentación, los repelentes, los esti-



mulantes del apetito y los inhibidores del mismo. Un ejemplo de este tipo de compuestos es una sustancia que se aisló de la planta *Toona ciliata*; este compuesto actúa inhibiendo el apetito de la conchuela del frijol, la cual es una plaga muy dañina en las plantaciones de soya y frijol en América.

4. *Compuestos tóxicos derivados de plantas.* Los productos naturales derivados de plantas proporcionan un valioso arsenal en la lucha contra las plagas. Un ejemplo muy conocido y empleado de este grupo de insecticidas naturales es el piretro, que se extrae de las flores de crisantemo; otro ejemplo es la nicotina que se obtiene de las hojas de tabaco. Actualmente hay una gran variedad de principios activos derivados de las plantas que están en estudio y existen muchos más que están por descubrirse en nuestra rica flora⁴.

En general, las limitaciones que presentan las sustancias anteriores son su elevado costo y el hecho de que no todas las plagas pueden controlarse con este tipo de plaguicidas.

Además de las sustancias antes mencionadas, cabe señalar, por su utilidad, a los agentes microbianos o entomófagos. Como es bien sabido, todos los organismos pueden ser atacados por diferentes tipos de microorganismos y los insectos no son la excepción. El control de plagas por medio de microorganismos que afectan a los insectos hace uso de enfermedades microbianas para controlar poblaciones de insectos. Es decir, los microbios se emplean como insecticidas vivos. Éste es un método de control muy selectivo pero presenta el inconveniente de que hay que desarrollar métodos para reproducir en gran escala los microbios y, posteriormente, probar su selectividad para que no causen problemas al hombre, plantas y animales⁵.

Existen ciertas prácticas culturales que son aliadas valiosas en el control de plagas, por ejemplo: la variación de la época de siembra; la destrucción de rastros; el empleo de cultivos-trampas; la inclusión o exclusión selectiva de

plantas de tal modo que el ambiente sea menos propicio para el desarrollo y/o reproducción de los organismos-plaga y la rotación de cultivos para controlar plagas que no pueden sobrevivir largo tiempo sin un tipo específico de cultivo⁶.

Otra herramienta útil para el control de plagas, pero que aún se encuentra en las etapas de estudio y experimentación y que promete ser muy eficiente, es el desarrollo de variedades resistentes; éste consiste en una posibilidad de control genético porque, al mismo tiempo, se trata de desarrollar una variedad de planta con características deseables (más productiva, más resistente a las sequías, etc.), y que además sea resistente a ciertas plagas^{4,5}.

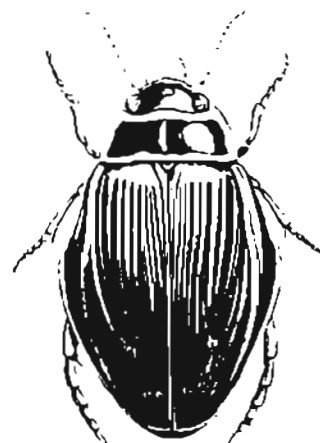
Control Biológico

Los insectos se convierten en plagas cuando se encuentran en una situación en la que no tienen enemigos naturales. De este modo, su desarrollo depende exclusivamente del medio: si éste es capaz de proporcionar alimento y albergue, el insecto expande rápidamente su población¹.

El control biológico se basa en el uso de los enemigos naturales del organismo-plaga para controlar su población. Este tipo de control de plagas puede definirse como un método natural a través del uso directo o indirecto de enemigos naturales, depredadores, parásitos y patógenos; o sea el manejo de las poblaciones de unos organismos para matar o controlar las poblaciones de otros⁷.

También se considera control biológico la modificación de la producción de una población por competencia sexual, como por ejemplo, con machos estériles o por atracción de machos o hembras con olores o sonidos que imitan los de la pareja natural.

Esta estrategia



no elimina plagas sino que las mantiene en niveles bajos que sean aceptables económicamente. Hay que entender que este método no ofrece el cambio de un insecto por otro. Existe entre el depredador y su víctima una simbiosis muy estrecha; cuando un insecto ha llegado a constituir una plaga se busca a su enemigo para que lo destruya. En un principio, ante la abundancia de recursos, el nuevo insecto aumenta considerablemente su reproducción, pero a medida que la plaga se va acabando, el número de parásitos y depredadores disminuye de manera proporcional y ambos sobreviven en un equilibrio dinámico.

En México, el método de control biológico despertó el interés de los especialistas para contrarrestar el ataque de diversas plagas agrícolas desde el siglo pasado. Actualmente, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha enfatizado los estudios sobre el control biológico. En estos estudios se incluyen los trabajos sobre dinámica de poblaciones de las plagas y de sus enemigos naturales.

Asimismo, existen en México varias instituciones que realizan investigaciones, que ya han experimentado sobre las aplicaciones prácticas y reales del control biológico⁷.

El control biológico de plagas es una de las armas más valiosas con que se cuenta para desarrollar sistemas de manejo de plagas de una manera eficiente y en equilibrio con los ecosistemas que se manipulan.

Manejo integrado

El manejo integrado de plagas es un método que utiliza diversas técnicas de control combinadas armónicamente, tratando de proteger, preservar e incrementar los agentes bióticos, tales como parásitos, depredadores y patógenos. En este método, cuando se necesitan procedimientos de control artificial como aplicaciones de plaguicidas sintéticos o biológicos, liberaciones de entomófagos, etcétera, éstos se aplican del

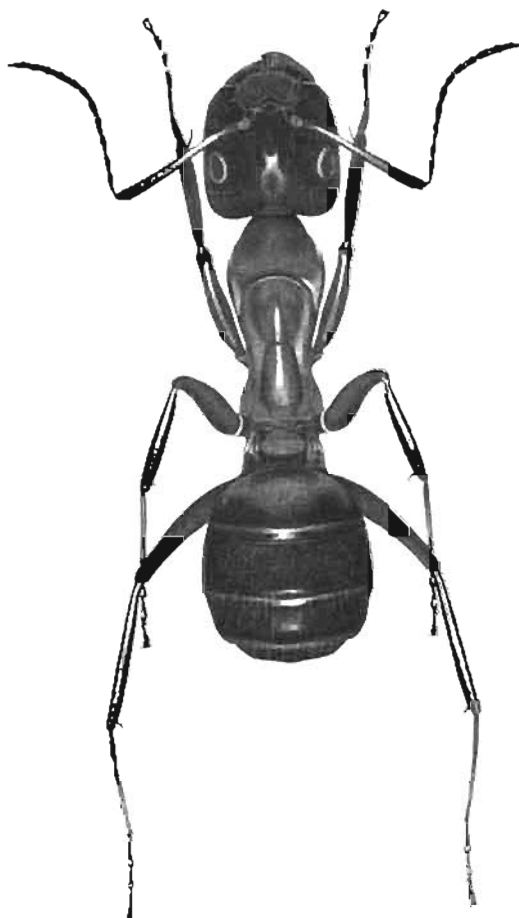
modo más selectivo posible y únicamente cuando su empleo esté justificado desde los puntos de vista económico y ecológico.

El principal objetivo del manejo integrado de plagas es producir los máximos beneficios al costo mínimo, teniendo en cuenta las restricciones ecológicas de cada ecosistema y la conservación a largo plazo del ambiente⁶.

El manejo integrado se basa en principios tales como⁸:

1) Considerar que el recurso que se maneja es un componente del ecosistema y las acciones que se tomen deberán estar orientadas a restaurar factores bióticos, preservar y aumentar factores bióticos y las oportunidades de llevarlos a un balance; no se debe pensar únicamente en eliminar las especies que se consideran "dañinas".

2) Entender que un organismo con capacidad de convertirse en plaga, no necesariamente se debe tomar como tal, y que siempre se deben considerar los



niveles o umbrales económicos.

3) Tomar en cuenta todas las posibilidades de acción u opciones de control existentes antes de tomar alguna decisión de manejo.

Si se considera el agroecosistema como un sistema viviente, el manejo de éste deberá ser dinámico; el concepto de control integrado de plagas reconoce que el sistema deberá reflejar que cuando se toman decisiones de manejo, cada una de ellas debe corresponder a la situación única que está siendo analizada.

Una de las partes más importantes del manejo integrado de plagas es el adiestramiento teórico y práctico del elemento humano que participa en él, ya que este método se basa en el conocimiento de la diversidad del agroecosistema y, principalmente, en el hecho de que el cambio en una parte del sistema, normalmente produce un trastorno en otra parte del mismo. Asimismo, se debe considerar que las poblaciones de organismos-plaga se manejan de modo que los agentes del control natural de la plaga en cuestión sean explotados o aprovechados al máximo sin alterar el equilibrio o el control natural de otras especies.

Además, es importante tomar en cuenta las etapas críticas en el ciclo biológico de la plaga para determinar la etapa más vulnerable de ésta en el ciclo y, al mismo tiempo, conservar la mayor parte de sus enemigos naturales. Por otro lado, debe establecerse que los plaguicidas sintéticos sólo se utilizarán cuando sean absolutamente necesarios para prevenir una pérdida del cultivo que exceda el costo del control⁸.

En resumen, el concepto básico del manejo integrado de plagas es el mantenimiento y fomento del control biológico natural de los organismos-plaga a través de un uso racional de agroquímicos y de medidas de control natural.

Conclusiones

Las opciones que existen para el control de plagas quizá puedan parecer complicadas en su aplicación, pero hay que señalar que, en México, existen vastas

zonas agrícolas en las que desde hace varios años se han empleado estos métodos y en donde se ha comprobado su utilidad y eficacia.

Es cierto que resulta más sencillo asperjar un plaguicida sintético y, cuando sea necesario (lo cual ocurre con frecuencia), aplicar más y más plaguicida, hasta acabar con alguna plaga que esté causando daños en un cultivo. Sin embargo, ésta es una solución de corto plazo que, eventualmente, puede causar la resistencia de la plaga o la aparición de nuevas plagas; por lo tanto, para tener un medio ambiente libre de residuos de plaguicidas tóxicos, bien vale la pena el esfuerzo de conocer el agroecosistema del cual se está obteniendo un beneficio, para manipularlo del modo más racional y menos agresivo que sea posible y asegurar una buena productividad en el largo plazo.

Referencias

- ¹ Pimentel, D. y Perkins, J.H., "Pest Control", *Cultural and Environmental Aspects*, AAAS Selected Symposium 43, Westview Press, Inc. Washington, 1980.
- ² Williams, C., "La tercera generación de Plaguicidas", *Selecciones de Scientific American*, Hermann Blume Ediciones, Madrid, 1976.
- ³ Bodegas, P. R., Flores, R. y de Coss, M. E., "Detección y manejo del picudo del algodón *Anthonomus grandis* por medio del uso de prácticas culturales y atrayentes químicos", *Boletín de información* No. 8, CIES/OEA/CONACYT, Tapachula, Chis., 1980.
- ⁴ Hernández, J. E. y Benderly, A., "Nuevos conceptos químicos de los plaguicidas", *Ciencia y Desarrollo*, Vol. 8, No. 47, 1982.
- ⁵ Fernández, S., "Opciones para el uso de insecticidas", *Ciencia y Desarrollo*, Vol. 6, 1980.
- ⁶ Enkerlin, D., "Control Integrado I", *Memorias del III Taller Latinoamericano de Prevención de Riesgos en el uso de plaguicidas*. OPS/INIREB, Xalapa, Ver., 1983.
- ⁷ Carrillo-Sánchez, J. L., "Evolución del control biológico de insectos en México", *Fol. Entomol. Méx.*, Vol. 65, 1985, pp. 139-146.
- ⁸ Bodegas, P. R., "El impacto ecológico de los pesticidas en el trópico húmedo mexicano y la implementación de programas de control integrado de plagas", *Boletín de información*, No. 9, CIES/OEA/CONACYT, Tapachula, Chis., 1980.



EL ÓXIDO NÍTRICO COMO MENSAJERO DE LA COMUNICACIÓN INTERCELULAR

Enrique Soto

Centro de Ciencias Fisiológicas
Instituto de Ciencias
Universidad Autónoma de Puebla

La primera vez que leí sobre la posibilidad de que un gas tóxico, como el Óxido Nítrico (NO), actúe como mensajero químico en el Sistema Nervioso, me pareció un hecho sorprendente que despertó en mí un vivo interés por el tema. Realmente, en un primer momento, vino a mi mente la imagen del cerebro lleno de espuma, burbujeando por la liberación de gas en el medio extracelular. Me imaginé que la activación de vías que liberan este gas, produciría el efecto de una botella de refresco que se destapa súbitamente, llenando de aire la mente; afortunadamente, las cosas no suceden como suelo imaginarlas.

Desde hace más de un siglo se sabe que el óxido nitroso (N_2O) tiene importantes efectos en el organismo; de hecho, se le conoce como gas hilarante, y se usa como anestésico en diversas intervenciones especialmente en el área de la odontología. Los efectos biológicos del NO han sido menos estudiados. Hasta hace poco, se le conocía simplemente como un gas irritante, y es tan sólo a partir de la década de los ochenta, que se ha empezado a estudiar el papel biológico de este gas.

El descubrimiento del NO como mensajero químico se debe primordialmente a trabajos relacionados con la investigación de los mecanismos que regulan el tono vascular en el organismo. Desde los inicios de la década de los ochenta quedó claro que diversas sustancias vasodilatadoras (como la acetilcolina, la bradikinina, etc.), no actúan directamente sobre el músculo liso de las arterias y arteriolas, ya que carece de los receptores adecuados para

responder a estos mensajeros químicos, y que son las células endoteliales de los vasos sanguíneos las que responden a estas sustancias vasodilatadoras. Ello llevó a postular, y posteriormente demostrar, que existe un factor, derivado de las células endoteliales, que determina la tensión del músculo de los vasos sanguíneos. Éste fue denominado factor endotelial de relajación, ya que su presencia producía una disminución en el tono muscular. Por su trascendencia diversos grupos de investigación se dedicaron a tratar de aislar e identificar esta sustancia, ya que podría, en principio, jugar un importante papel en procesos como la hipertensión o la isquemia cardíaca. Finalmente se concluyó que este factor tenía las mismas propiedades que el NO: i) una vida media en el organismo de cerca de cuatro segundos; ii) su efecto es fuertemente inhibido por la presencia de hemoglobina, u otras proteínas con un grupo hemo; iii) ambos son altamente difusibles; iv) el NO es capaz de producir el mismo efecto que el factor endotelial de relajación. Con base en la analogía de sus efectos y propiedades, se llegó a la conclusión de que el factor endotelial de relajación era de hecho NO, el cual al ser liberado por las células endoteliales, actúa sobre el músculo induciendo una disminución en su tono (v. Figura 1). De hecho, actualmente se sabe que fármacos como la nitroglicerina, la cual se usa en los casos de angina de pecho, actúa produciendo relajación vascular gracias a que libera NO en el organismo.

Otros estudios han permitido demostrar que el NO, no sólo se produce en las células endoteliales vasculares, sino

también en el Sistema Nervioso. Se ha encontrado que el NO se libera en grupos neuronales que presentan receptores sinápticos para aminoácidos excitadores, en particular receptores que son activados por el ácido N-metil-D-aspartico (NMDA). Estos receptores se han localizado en células de la corteza cerebral, el hipocampo, las vías sensoriales visual, auditiva y somática, los ganglios basales y el cerebelo, entre otras muchas regiones. La activación de los receptores tipo NMDA en la membrana celular, induce un cambio en la permeabilidad de las células, permitiendo que iones de Na^+ , K^+ y Ca^{++} fluyan a través de ella. Este movimiento de iones determina un cambio del potencial eléctrico transmembrana. Secundariamente, la entrada de iones de Ca^{++} al interior de la célula puede servir como señal para la activación de diversos procesos metabólicos. Tal es el caso de las células que son capaces de liberar el NO. En ellas, el aumento de Ca^{++} intracelular activa a una proteína denominada calmodulina, la cual a su vez modifica la actividad de la enzima de síntesis del NO, la sintetasa de óxido nítrico. El resultado de este proceso es la producción del NO, el cual queda libre en el citoplasma de las células que lo producen. Por sus muy peculiares características de solubilidad el NO difunde, pasando sin ningún obstáculo a través de la membrana celular, para ir finalmente a actuar en otras células "blanco" (véase Figura 2).

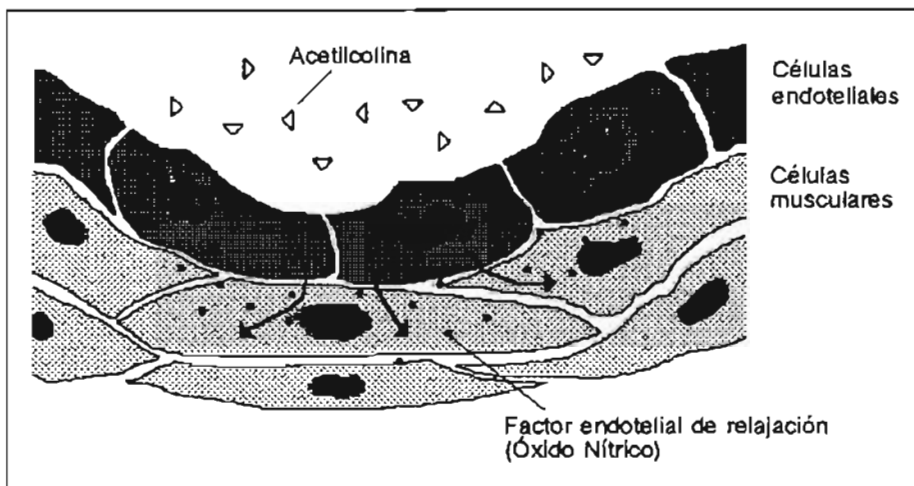
El aumento en las concentraciones de NO en las células "blanco", actúa a su vez sobre otra enzima denominada guanilato ciclasa, la cual determina finalmente la síntesis de guanosin monofosfato (GMP) cíclico. Así, el NO que se produce en una célula, puede difundir a las células vecinas y modificar directamente su metabolismo, induciendo la síntesis de GMP cíclico, el

cual se sabe que es un metabolito intracelular que determina una gran cantidad de procesos que van desde la expresión genética, hasta la respuesta de algunos canales iónicos de la membrana celular.

De manera coincidente con los estudios que llevaron al conocimiento del papel funcional del NO, un grupo de trabajo dirigido por el Dr. Solomon Snyder en E.U., ha logrado mapear en su totalidad los aminoácidos que componen la enzima de síntesis del NO; la sintetasa del óxido nítrico. Ello ha generado muchas expectativas para su potencial uso terapéutico y de investigación experimental, ya que son pocos los mensajeros de la comunicación intercelular para los cuales se conoce con detalle y se puede controlar su síntesis. Por otra parte, desde el punto de vista farmacológico, existen múltiples herramientas que permiten controlar la producción de NO en el organismo. Desde hace años se usa la nitroglicerina como relajante vascular, también el nitroprusiato libera NO en el organismo. Se conocen además una serie de sustancias, todas ellas derivadas de la arginina, las cuales por sus características estructurales interactúan con la sintetasa de óxido nítrico bloqueando la producción del NO.

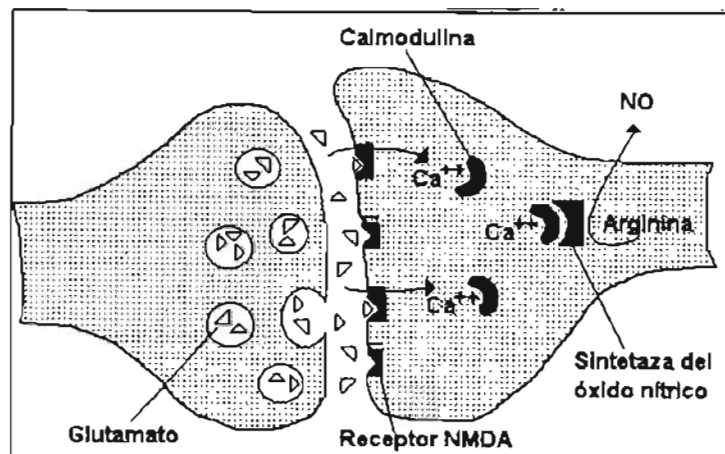
Actualmente se ha logrado demostrar que el NO es un mensajero químico tanto en el sistema nervioso periférico (SNP) como en el sistema nervioso

FIGURA 1



El factor endotelial de relajación se libera de las células endoteliales en respuesta a la activación de receptores de membrana, en este caso por la acetilcolina. Esta molécula, que ahora sabemos es el NO, difunde al espacio extracelular e interactúa con las células musculares induciendo una disminución en su grado de contracción.

FIGURA 2



La activación de receptores sinápticos del tipo NMDA, permite que entre Ca^{2+} al interior de la célula. El aumento de la concentración intracelular de Ca^{2+} activa la proteína denominada calmodulina, y secundariamente, a la sintetasa de óxido nítrico. Esta enzima convierte a la arginina en NO y citrulina. El NO difunde a través de la membrana celular afectando el metabolismo de las células que posean la enzima guanilato ciclasa soluble en su citoplasma.

central (SNC). En el SNP, el NO parece especialmente relevante como mensajero en las células nerviosas que inervan el sistema gastrointestinal (plexo miéntérico), donde tiene un papel importante en el control general del tono de la musculatura del estómago, el intestino, y en el control de esfínteres. No menos importante parece el papel del NO en el control del tono en los cuerpos cavernosos del pene. Se sabe también que el NO sirve como mediador en la activación de células del sistema inmune y en los procesos de agregación plaquetaria.

En el cerebro se ha encontrado que el NO se produce principalmente en las células del cerebelo, en el hipocampo, en el cuerpo estriado y en el bulbo olfatorio. Las células capaces de sintetizar NO, comúnmente presentan una fuerte reacción histoquímica a otras enzimas como la diaforasa del fosfato nicotinamida adenín dinucleótido (NDP). Curiosamente, las células que presentan mayor reactividad a la NDP y a la sintetasa de óxido nítrico, parecen ser especialmente resistentes a algunos factores neurotóxicos. Por ejemplo, en la enfermedad de Huntington mueren la mayor parte de neuronas del cuerpo estriado, y únicamente sobreviven grupos de células con reactividad a la NDP. Igualmente, en casos de hipoxia, las cé-

lulas que producen NO parecen mucho más resistentes que otros grupos celulares que no producen esta molécula.

El NO es por sus características de permeabilidad una molécula ubicua, por tanto, el que se produzca en una célula determina que afecte a todas sus vecinas. Ello constituye uno de los más recientes y fascinantes descubrimientos en torno a los mecanismos de la comunicación intercelular. Esta molécula podría de alguna manera, funcionar como parte de todo un sistema tendiente a coordinar la actividad de conjuntos neuronales en el sistema nervioso. De hecho, se ha postulado que el NO podría jugar un importante papel en procesos de aprendizaje, en algunos de los cuales se sabe que la activación de los receptores tipo NMDA es fundamental. Indudablemente con el conocimiento de los mecanismos precisos de acción del NO en el organismo, se abre un capítulo en lo que será nuestra concepción acerca del funcionamiento del SNC, y en particular, de los mecanismos que determinan las interacciones finas entre las células del cerebro. El descubrimiento del papel del NO como mensajero químico de la comunicación intracelular, ha generado también una gran actividad en la investigación básica, ya que probablemente, esta molécula represente tan sólo una entre muchas sustancias, como podría ser el monóxido de carbono, que actúen en el organismo modulando, y modificando de manera directa la función metabólica de conjuntos celulares.

Lecturas recomendadas

- Bredt, D. S. y Snyder, S.H., "Nitric oxide, a novel neuronal messenger", *Neuron*, Vol. 8, 1992, pp. 3 - 11.
- Garthwaite, J., "Glutamate, nitric oxide and cell-cell signaling in the nervous system", *Trends in Neuroscience*, Vol. 14, 1991, pp. 60 - 67.
- Moncada, S., Palmer, R.M.J. y Higgs, E.A., "Nitric oxide: physiology, pathophysiology, and pharmacology", *Pharmacological Reviews*, Vol. 43, 1991, pp. 109 - 142.
- Vincent, S.R. y Hope, B.T., "Neurons that say NO", *Trends in Neuroscience*, Vol. 15, 1992, pp. 108 - 113.

CARLOS GRAEF FERNÁNDEZ

Eduardo Piña Garza

Departamento de Física
UAM-Iztapalapa

El objeto de este trabajo es relatar algunos aspectos del impacto reciente del trabajo científico del doctor Carlos Graef Fernández.

Sobre el doctor Carlos Graef se escribió abundantemente durante el año de 1988, con motivo de su fallecimiento ocurrido en la Ciudad de México el 13 de enero de 1988. El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares dedicó el número 17, Enero-Febrero de 1988 de su revista *Notínin* para recordar la figura y la obra de este ilustre científico mexicano. En el Boletín de la Sociedad Mexicana de Física apareció una semblanza del mismo, escrita por F. A. Andrade. El Seminario de Cultura Mexicana, del cual fue presidente, organizó una sesión extraordinaria para rendirle homenaje en el aniversario de su muerte, que se efectuó el 26 de enero de 1989, y donde se presentaron dos trabajos sobre el doctor Graef por los doctores Alfonso Mondragón y Alberto Barajas.

Previamente la Universidad Nacional le dedicó en 1984 una publicación *Carlos Graef Fernández, imagen y obra escogida*. Y la Sociedad Mexicana de Física le entrega en 1983 la Medalla Académica en un homenaje, publicado en la *Revista Mexicana de Física* en agosto de 1984. La revista *Contactos* de la Universidad Autónoma Metropolitana publicó tres trabajos sobre el doctor Carlos Graef en su número de enero-marzo de 1989. En la Universidad Autónoma Metropolitana fue el director fundador de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Iztapalapa (1974-1976). Además está en preparación la recopilación de la obra completa del doctor Carlos Graef, trabajo que realiza el doctor Alfonso

Mondragón del Instituto de Física de la UNAM.

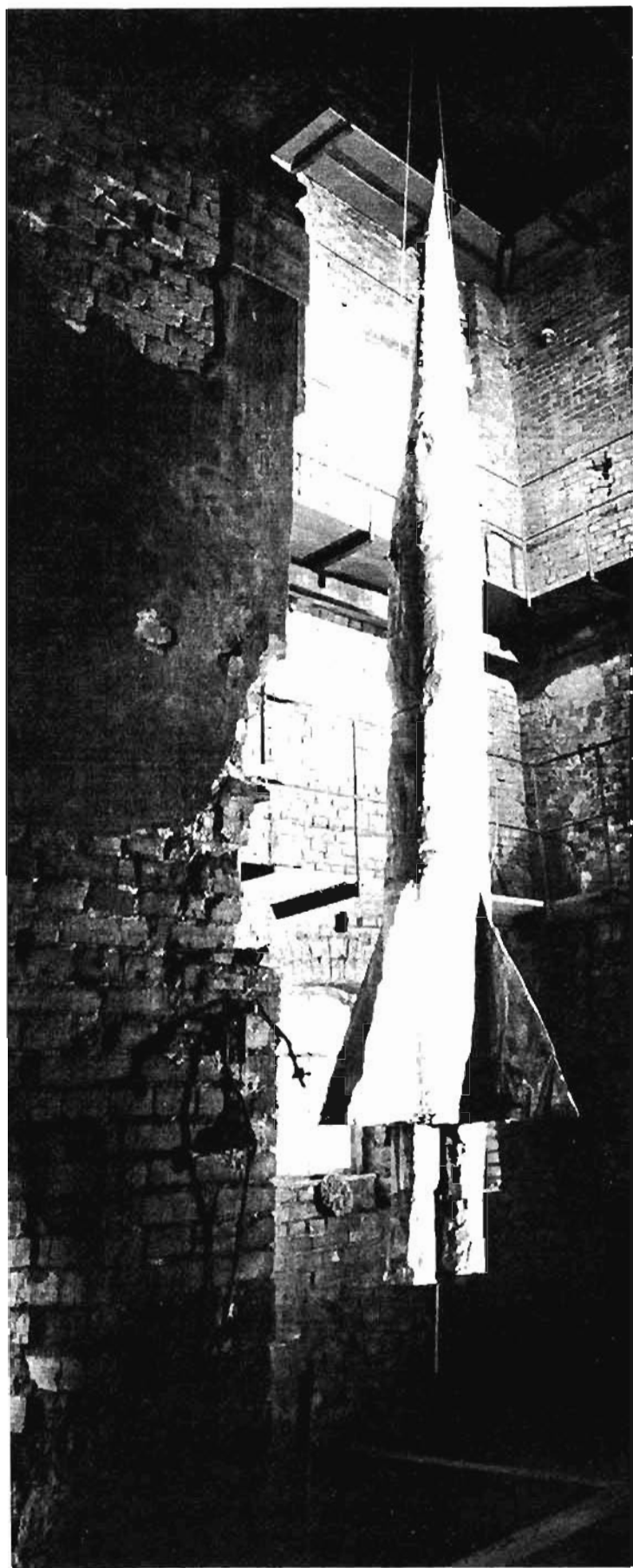
Por este motivo, en este trabajo no repetiré la bibliografía ahí relatada de la obra de Carlos Graef, ni las referencias que se han coleccionado sobre comentarios a su obra.

Parece conveniente relatar de manera sucinta una semblanza de este personaje. Nació el doctor Graef en Guadalupe, Durango, el 25 de febrero de 1911, hijo de Carlos Graef Ziehl y de Gudelia Fernández Espinosa, pertenecientes a la generación 1900 de la Escuela Nacional Preparatoria. Carlos Graef se casa en 1938 con Alicia Sánchez Castell y tiene tres hijos: la doctora en Medicina Nuclear Alicia, la licenciada Carolina y Carlos, ingeniero.

Parte de su vocación científica la atribuyó el doctor Graef al regalo de un libro por su madre: *Física sin aparatos* del profesor de la Escuela Normal, Luis G. León, donde aprendió experimentos apasionantes como el anillo de gravedad para demostrar la dilatación de los cuerpos o el experimento para pesar el aire, todavía en su memoria en 1987.

Graef estudió en el Colegio Alemán. En diciembre de 1928 obtuvo ahí el grado "Abitur" (Deutsche Oberschule zu Mexiko). Continuó sus estudios desde 1929 hasta 1930 en el Departamento de Ingeniería Civil en la Technische Hochschule en Darmstadt, Alemania. A su regreso a México ingresó a la Universidad Nacional Autónoma de México, donde estudió de 1931 a 1935 en los departamentos de Ingeniería Petrolera, y de Matemáticas y Física.

En 1932 se inicia como profesor de Geometría Analítica y Cálculo en la Escuela Superior de Construcción de la Secretaría de Educación Pública. En



1934 fue profesor de Geometría Superior en el Departamento de Matemáticas y Física y en 1937 se le nombró miembro de la Sociedad Científica Antonio Alzate.

La primera publicación de Carlos Graef apareció en la revista *Ingeniería* y se titula "Representación de un tensor por medio de seis vectores", precursor de su interés en las matemáticas y la física de la Relatividad. Este trabajo ha sido difícil de localizar para quienes recolectan su obra completa, aunque en fecha reciente encontré en la caja fuerte de la Biblioteca del Palacio de Minería varias separatas del mismo.

Carlos Graef viaja en 1937 a Estados Unidos a realizar estudios avanzados de Física bajo la dirección del profesor Manuel Sandoval Vallarta en el MIT. Sus altas calificaciones le permiten obtener las becas necesarias para sostener sus gastos en ese país. Recibe ayuda de la Universidad Nacional, la inscripción y anualidades del Instituto Tecnológico, y una beca de la Fundación Guggenheim. Los tres últimos meses se sostiene con un estipendio otorgado por el presidente Lázaro Cárdenas.

El 9 de mayo de 1940 obtiene el grado de doctor con la tesis "An Analysis of Periodic Orbits of Particles of Primary Cosmic Radiation", la cual aún no ha sido totalmente publicada. Como resultado de este periodo se publicaron tres artículos muy importantes según la opinión de autoridades como el gran topólogo Solomon Lefschetz, el matemático Alberto Barajas y el destacado investigador Marcos Moshinsky. Tengo a la mano una docena de publicaciones extranjeras donde se cita uno o más de esos trabajos y al final de este artículo se mencionan otras dos referencias.

El doctor Graef regresa en 1941 y se dedica a impulsar la ciencia en México. Como investigador inicia una fructífera colaboración con el matemático norteamericano G. D. Birkhoff; con su director de investigación en el MIT, el profesor Sandoval Vallarta, y con su colega A. Barajas. Juntos desarrollan en muchas publicaciones la Teoría de la Relatividad de Birkhoff en oposición de

hipótesis a la de Einstein.

Carlos Graef es nombrado subdirector fundador del Observatorio Astrofísico de Tonantzintla en Puebla (1942-1944). En 1943 es vicepresidente fundador de la Sociedad Matemática Mexicana. De 1950 a 1963 ocupa el puesto de presidente fundador de la Sociedad Mexicana de Física. En 1955 es de los primeros participantes del Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos dirigido por el doctor Eli de Gortari, donde presenta el trabajo "Espacio matemático y espacio físico". En 1957 es el presidente fundador de la Sociedad Mexicana de Radioisótopos. En la Universidad Nacional, Carlos Graef dirige el Instituto de Física de 1945 a 1958, es director de la Facultad de Ciencias de 1957 a 1959, y miembro de la Junta de Gobierno. En 1974 la Universidad lo distingue como Profesor Emérito.

Graef dedica gran parte de su vida al desarrollo de la ciencia y de la industria nuclear en México desde sus indicios en 1945. Fue vocal de la Comisión Nacional de Energía Nuclear creada en 1955. En 1959 se le nombra gobernador del Organismo Internacional de Energía Atómica en Viena, Austria. Entre otros puestos importantes en esta materia ocupa la Dirección del Centro Nuclear de Salazar en 1965, desde su construcción, y fue gerente del Ciclo de Combustible en Uranio Mexicano, responsable de la compra y contrato de enriquecimiento del combustible para la planta de Laguna Verde. Fue jefe de la Sección mexicana del Grupo México-E.U de Estudio sobre Desalación de Agua de Mar. Funge como asesor científico de la Comisión Nacional de Energía Nuclear, y colabora con el ministro García Robles en la redacción del Tratado de Tlatelolco.

Debido a sus grandes méritos y realizaciones se le confiere el Premio Nacional de Ciencias en 1970.

Hasta su muerte continuaba impartiendo cursos en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México y dirigía un grupo de investigación en relatividad general.

La doctora Lidia Jiménez Lara ha continuado después de cincuenta años los estudios del doctor Graef sobre el movimiento de cargas eléctricas en el campo magnético de un dipolo. El 29 de abril de 1991 obtuvo su doctorado con una tesis sobre este tema en la Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa. Asimismo se hace referencia en trabajos publicados recientemente por ella al trabajo previo del doctor Carlos Graef. De esta forma continúa la labor de la ciencia y se hace realidad la formación de una tradición científica en México. Esta actividad ha podido continuarse debido al potencial enorme de las actuales computadoras, y se encuentra en el campo revolucionario de la ciencia de lo complejo, del llamado caos dinámico.

Bibliografía

Notin No. 17 Enero-Febrero de 1988. Edición especial dedicada a la memoria del doctor Carlos Graef Fernández.

Andrade, F.A., *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, Vol. 2, 1988, p. 1.

Barajas, A. "Semblanza del doctor Carlos Graef F", *Contactos*, Vol. IV, 1989, pp. 2-5.

"Mi discusión con Albert Einstein", Carta del doctor Carlos Graef a Samuel Kaplan, *Contactos*, Vol. IV, 1989, pp. 6-10.

Piña, E., "La contribución del doctor Carlos Graef Fernández a la mecánica clásica", *Contactos*, Vol. IV, 1989, pp. 11-17.

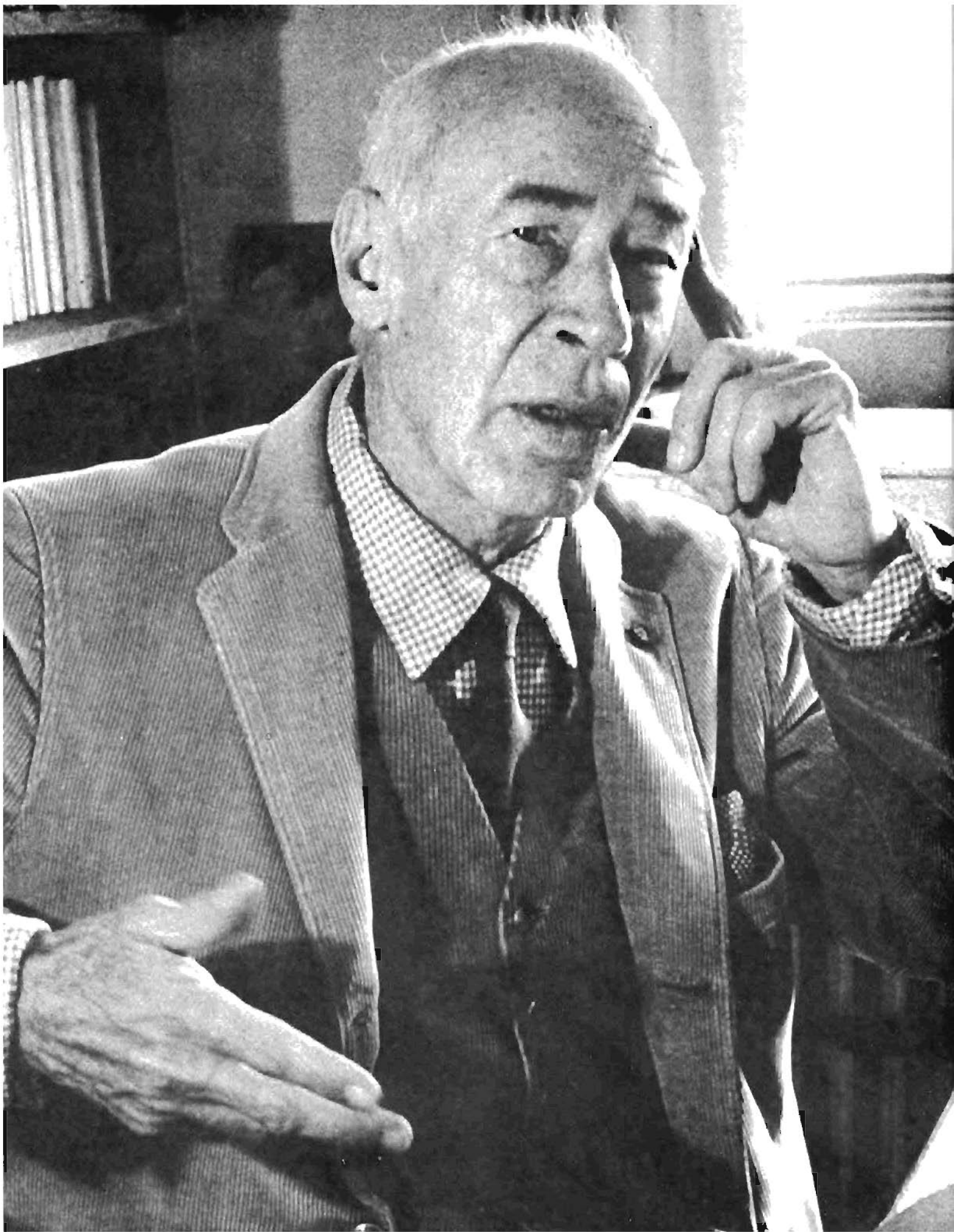
Barajas, A., Lozano, J.M. y Graef, C., "Homenaje al doctor Carlos Graef Fernández", *Revista Mexicana de Física*, Vol 30, 1984, pp. 599-628.

Carlos Graef Fernández, imagen y obra escogida, UNAM, México, 1984.

Sandoval Vallarta, M., *Obra científica*, (Mondragón, A. y Barnés, D.), UNAM e INEN, México, 1978.

Cruz Manjarrez, H., *Reseña Histórica del Instituto de Física, Segunda etapa 1953-1970*, México, 1976.

Jiménez Lara, L., "Estructura de órbitas periódicas en el problema de Störmer", *Revista Mexicana de Física*, Vol. 37, 1991, pp. 611-628.



EN EPIDAURO*

Henry Miller

Es la mañana del primer día de la gran paz; la del corazón, que viene con la abdicación y el renunciamento. Tuve que ir a Epidauro para conocer el verdadero sentido de la paz. Como todo el mundo, usaba esta palabra sin que ni una sola vez me diera cuenta de que usaba una impostura. La paz no es lo contrario de la guerra y de la muerte; es lo contrario de la vida. La pobreza de la lengua, es decir, la pobreza de nuestra imaginación o de nuestra vida interior ha creado una ambivalencia absolutamente falsa. Hablo aquí, naturalmente, de la paz que sobrepasa todo entendimiento. No hay otra. La paz que conocemos la mayoría de nosotros no es más que el cese de las hostilidades, una tregua, un interregno, un momento de calma, una pausa, todo cosas negativas. La paz del corazón es positiva e invencible, no exige condiciones, no requiere salvaguardias. Es, simplemente. Si es victoriosa, es una victoria muy peculiar, ya que descansa por entero en la abdicación y en el renunciamento voluntarios. No hay para mí ningún misterio en la naturaleza de las curas que antiguamente se operaban en este gran centro terapéutico del mundo. Aquí el curado encuentra él mismo la curación, paso primero y esencial en el desarrollo de un arte que no es médico, sino religioso. El paciente se curaba antes de empezar la cura. Los grandes médicos han dicho siempre que la naturaleza era la gran curadora. Es solamente una verdad parcial. La naturaleza sola no puede hacer nada. La naturaleza puede únicamente curar cuando el hombre ha sabido reconocer el lugar

que ocupa en el mundo lugar que no está en la naturaleza, como en el caso del animal, sino en el reino humano, eslabón que une lo natural y lo divino.

Para las especies infrahumanas de nuestra edad de ciencia y de tinieblas, el ritual y el culto asociados del arte de curar, tal como se practicaba en Epidauro, es pura palabrería. En nuestro mundo el ciego guía al ciego, y el enfermo pide al enfermo que lo cure. Estamos en constante progreso, pero es un progreso que nos lleva a la mesa de operaciones, al hospicio, al manicomio, a las trincheras. No tenemos curadores; tenemos solamente carniceros, cuyos conocimientos anatómicos les facultan para obtener un título, el cual, a su vez, les concede el derecho de trincar o amputar en nuestros males, para que, mutilados, podamos seguir viviendo hasta que nos encuentren aptos para enviarnos al matadero.

Voceamos el descubrimiento de un producto contra una u otra enfermedad, pero nos guardamos muy bien de mencionar las enfermedades nuevas que hemos ido creando. La Medicina actúa como el Ministerio de la Guerra; sus comunicados de victoria son huesos que nos echan para ocultar la muerte y el desastre. Los médicos, como las autoridades militares, son impotentes; dirigen un combate sin que en ningún momento tengan esperanza en el triunfo. Lo que el hombre quiere es paz para poder vivir. La derrota del vecino no da la paz, como la curación del cáncer no trae la salud. La vida para el hombre no comienza con la victoria sobre el enemigo, como tampoco una interminable serie de curas es el comienzo de la salud. La alegría de vivir la da la paz, que no es estática, sino dinámica. Nadie puede vanagloriarse de saber realmente

* Fragmento del libro de Henry Miller, *El coloso de Marussí*, Seix Barral (Biblioteca Breve), 2a Edición, 1982, pp. 91-99.

lo que es la alegría hasta que no haya experimentado la paz. Y sin alegría no hay vida, aunque se tengan doce automóviles, seis mayordomos, un castillo, una capilla privada y un refugio a prueba de bombas. Las enfermedades nos ligan a las costumbres, ideologías, ideales, principios, bienes de este mundo, fobias, dioses, cultos, religiones, a todo lo que se quiera. Los buenos salarios pueden ser una enfermedad, como también pueden serlo los malos. El ocio puede ser un mal tan grave como el trabajo. Las cosas a las que nos agarramos aunque sea la esperanza o la fe, pueden también ser el mal que nos llevará. El renunciamiento ha de ser absoluto: la más insignificante migaja a la que intentemos asirnos puede contener el germen que nos devorará. Y respecto a asirse a Dios, Dios hace ya mucho que nos abandonó para que pudiéramos darnos cuenta de la felicidad que da conseguir lo que se desea por el propio esfuerzo. ¿Dónde encontrar todos esos interminables gemidos lanzados en la oscuridad, esa piadosa e insistente plegaria por la paz que no cesa de agrandarse con el sufrimiento y la miseria? ¿Se cree la gente que la paz puede acapararse como el maíz o el trigo? ¿Se imagina que es algo sobre lo que uno se puede lanzar y devorarlo como una res muerta que se disputan los lobos? Oigo a la gente hablar de paz con el rostro enrojecido de cólera, de odio, de desprecio y de desdén, de orgullo y de arrogancia. Hay gente que desearía luchar para que reinase la paz; éstos son los más ciegos todavía. La paz sólo reinará cuando se haya extirpado definitivamente del corazón y de la mente el asesinato. El asesinato, es la cima de esta gran pirámide que tiene por base el yo. Lo que se mantiene en pie tendrá que caer. El hombre, antes de comenzar a vivir como tal, tendrá que renegar de todas aquellas cosas por las que ha luchado. Hasta el presente el hombre se ha parecido a una bestia enferma, y hasta su divinidad hiede. Es dueño de muchos mundos, pero en el suyo es esclavo. Lo que rige al mundo es el corazón, no el cerebro. En todo terreno nuestras conquistas no

llevan más que la muerte. Hemos vuelto la espalda al único reino donde se encierra la libertad. En Epidauro, en el silencio, en la gran paz que me envuelve, oigo latir el corazón del mundo. Se cuál es la salvación: abandonar, renunciar, rendirse, para que nuestro corazón pueda latir al unísono con el gran corazón del mundo.

A mi entender, las inmensas muchedumbres que acudían a Epidauro en interminables migraciones desde todas las partes del mundo antiguo estaban ya curadas antes de llegar. Sentado en las gradas del anfiteatro, en medio de un extraño silencio, pensé en el largo y tortuoso camino que he recorrido hasta llegar finalmente a este centro de paz y curación. Nadie habría podido elegir itinerario más largo que el mío. Durante treinta años caminé extraviado como si estuviera en un laberinto. Había probado todas las alegrías, todas las desesperaciones, sin conocer nunca el significado exacto de la paz. Caminando había vencido uno tras otro a todos mis enemigos; pero había pasado junto al mayor de todos sin reconocerlo: era yo mismo. En el mismo instante en que penetré en este mundo de silencio, bañado ahora por una luz de mármol, pisé al fin ese lugar, ese centro muerto, donde el más ligero murmullo asciende como un alegre pájaro y va a perderse más allá de la baja colina, como la luz de un claro día huye ante el negro terciopelo de la noche. Balboa, de pie sobre la cumbre del Darién, no debió conocer maravilla más grande que la que yo sentía en ese momento. Acabadas las conquistas, un océano de paz se extendía ante mí. Ser libre, como supe entonces que lo era, es reconocer la vanidad de toda conquista, incluso la del yo, que es el último acto de egoísmo. Ser feliz es llevar el yo a su más elevada cima y entregarlo triunfalmente. Conocer la paz es el todo: es el momento que sigue a ése en que el renunciamiento y la abdicación son completos, cuando ni siquiera se tiene conciencia de renunciar y de abdicar. La paz está en el centro y cuando se la toca, la voz brota en alabanzas y bendiciones. Y la voz, entonces, va lejos,

muy lejos, hasta los confines del universo. Y la voz, entonces, cura, porque lleva consigo la luz y el calor de la compasión.

Epidauro no es más que un símbolo en el espacio; el lugar verdadero está en el corazón, en el corazón del hombre, si quiere detenerse y buscarlo. Todo descubrimiento es misterioso en cuanto revela un inesperado inmediato, un conocimiento infinitamente próximo, ancho e íntimo. El sabio no tiene necesidad de salir de él; es el tonto el que busca el cofre de oro en el fin del arco iris. Pero tanto uno como otro acabarán siempre, inexorablemente, por encontrarse y unirse. Se encontrarán en el corazón del mundo, donde comienza y acaba el camino. Se encontrarán cuando logren realizarse y su unión será tanto más fuerte según la importancia de su papel en la vida.

El mundo es al mismo tiempo joven y viejo, como el individuo, se renueva con la muerte y envejece con la infinidad de los nacimientos. En cada etapa existe la posibilidad de poder llegar a la plenitud del ser. Y la paz jalona todos los puntos del recorrido. Ese recorrido es continuo y tan indemostrable en sus límites como lo es la línea en su continuidad de puntos hasta el infinito. Hacer una línea exige la totalidad del ser, de la voluntad, de la imaginación. Lo que constituye la línea es un ejercicio de metafísica, y es materia de especulación para la eternidad. Nada impide que el más tonto pueda trazar una línea, y en cuanto lo hace se iguala el profesor, para quien la naturaleza de la línea es un misterio superior a toda comprensión. La maestría en las grandes cosas se logra haciendo pequeñas cosas; para el alma tímida, el pequeño viaje es tan formidable como la gran exploración lo es para el alma grande. Los viajes se completan interiormente, y los más atrevidos, no hace falta decirlo, se hacen sin moverse del sitio. Pero el sentido del viaje puede marchitarse y perecer. Hay aventureros que se in-

terman en las más alejadas regiones del globo y que van arrastrando, hacia un objetivo estéril, un cadáver inanimado. En la Tierra pululan espíritus aventureros que la pueblan de muerte. Son las almas que encarnizándose en conquistar, llenan de luchas y querellas los corredores exteriores del espacio. Lo que da a la vida este matiz de fantasma es el piadoso juego de sombras entre corporales y fantasmales. El pánico y la confusión que se apoderan del alma del hombre errante, es el eco de la baraúnda infernal creada por las almas perdidas y condenadas.

Mientras tomaba el sol como un lagarto en las gradas del anfiteatro se me ocurrió la idea de enviar unas palabras de saludo a mis amigos. Pensé principalmente en mis amigos psicoanalistas. Escribí tres cartas: una para Francia, otra para Inglaterra, y la tercera para América. Invitaba en ellas, amable y encarecidamente a esos charlatanes que se intitulan curadores a dejar su trabajo y venir a curarse a Epidauro. Los tres tenían cruel necesidad de los recursos del arte médico, ya que eran salvadores incapaces de salvarse a sí mismos. Uno de ellos se suicidó antes de que le llegase mi saludo. El otro murió de un ataque al corazón poco



después de recibir mi carta. El tercero me respondió brevemente diciéndome que me envidiaba y que deseaba tener el valor necesario para dejar su trabajo.

El combate que el analista sostiene es un combate desesperado. Por cada individuo que se restituye a la corriente de la vida, que "se adapta" como se dice, hay una docena de incapacitados. Nunca habrá bastantes analistas para hacer frente a tanto tarado. Una corta guerra basta para destruir el trabajo de siglos. La cirugía hará, naturalmente, nuevos progresos, aunque la utilidad de esos progresos esté lejos de ser clara. Lo que hay que cambiar profundamente es nuestra forma de vivir. No tenemos que fabricar mejores instrumentos quirúrgicos. Lo que nos hace falta es una vida mejor. Si se pudiera distraer de su trabajo a todos los cirujanos, a todos los psicoanalistas, a todos los médicos, y reunirlos por algún tiempo en el gran centro de Epidauro para debatir, en la paz y en el silencio, las necesidades inmediatas y urgentes de la humanidad, la respuesta unánime no se haría esperar. Revolución. Revolución mundial, de arriba a abajo, en todos los países, en todas las clases, en todos los campos de la conciencia. El enemigo no es la enfermedad; la enfermedad no es más que un subproducto. El enemigo del hombre no son los microbios; es el hombre mismo, el orgullo, los prejuicios, la estupidez, la arrogancia. Contra eso no hay ninguna clase social inmunizada, ni sistema alguno que ofrezca una panacea. Es necesario que todos, individualmente, nos rebellemos contra una forma de vivir que no es la nuestra. La revolución para ser eficaz ha de ser continua e implacable. Mil millones de seres humanos lanzados en busca de la paz no se reducen así como así a la esclavitud. Somos nosotros los que con nuestra concepción mezquina y estrecha de la vida nos hemos hecho esclavos. Es glorioso dedicar la vida a una causa, pero los muertos no llevan a cabo nada. La vida exige que se le dedique algo más: espíritu, alma, inteligencia, buena voluntad. La naturaleza está siempre dispuesta a reparar las brechas abiertas

por la muerte, pero la naturaleza no puede suministrar la inteligencia, la voluntad y la imaginación necesarias para vencer a las fuerzas de la muerte. La naturaleza restaura y repara; eso es todo. Y la tarea del hombre es extirpar el instinto homicida, infinito en sus ramificaciones y en sus manifestaciones. Es inútil llamar a Dios, como es vano oponer la fuerza a la fuerza. Toda batalla es un matrimonio concebido en la sangre y la angustia; toda guerra es una derrota del espíritu humano. La guerra no es más que una inmensa manifestación en el género dramático de esta comedia burlesca y vacía que nos ofrecen a diario y por todas partes los conflictos mundiales, incluso durante los llamados años de paz. Cada uno de nosotros aporta su grano de arena a la continuación de la matanza, comprendidos los que parecen mantenerse aparte. Todos estamos envueltos, todos participamos de buen o mal grado. La Tierra la hemos creado nosotros y debemos aceptar el fruto de nuestra creación. Mientras que no rehusemos a pensar en términos de bien universal y de bienes universales, continuaremos matándonos y traicionándonos. Eso puede continuar así hasta el estallido del juicio final. Nada más que nuestro deseo de cambiarlo puede producir un mundo mejor y nuevo. El hombre mata por miedo, y el miedo es una hidra de cien cabezas. Una vez que se ha iniciado la carnicería, no tiene fin. No bastaría una eternidad para vencer a los demonios que nos torturan. ¿Pero quién ha traído los demonios? Esto es lo que cada uno debe preguntarse. Que cada hombre busque su propio corazón. Ni Dios ni el Diablo son los responsables, ni tampoco lo son monstruos como Hitler, Mussolini, Stalin y compañía. Ni siquiera fantoches como Catolicismo, Capitalismo, Comunismo. ¿Quién ha puesto los demonios en nuestro corazón para atormentarnos? Buen tema para plantearlo. Y el único medio de encontrar la respuesta es ir a Epidauro; por eso os encarezco que dejéis todo y vayáis allí en seguida.

MEMORIA NATURAL Y ARTIFICIAL

Laura Viana Castrillón

Fondo de Cultura Económica, México, 1990

Realmente creo que son pocos los libros que presentan un problema de manera tan diáfana, directa y sencilla, como lo hace Laura Viana Castrillón en su libro *Memoria natural y artificial*, que apareció publicado con el número 88 de la colección "La ciencia desde México".

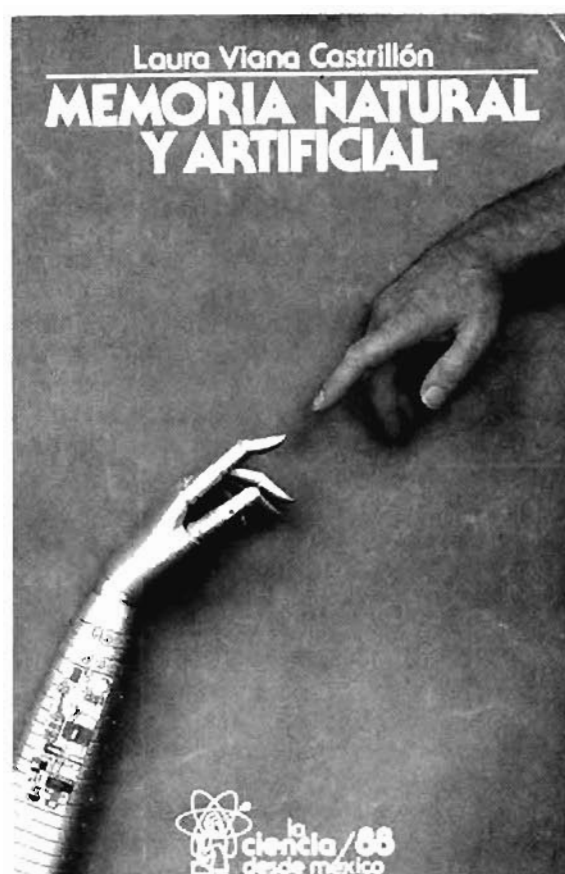
En este libro, la doctora Castrillón hace una amena revisión de las bases y el desarrollo de las computadoras, hasta llegar a lo que llama las máquinas "pensantes". Posteriormente presenta algunos aspectos básicos de la neurofisiología y la psicofisiología de la percepción, abordando el problema del origen de la mente y el pensamiento desde varios puntos de vista: histórico, filosófico, neurofisiológico y psicológico.

Tras un breve recuento de las bases fisiológicas de procesos tales como la memoria y el aprendizaje, la autora pasa a la parte más original del texto, la cual se basa en el análisis de un modelo físico para el desarrollo de redes neuronales, y sistemas capaces de procesar información. La autora, física de profesión, revela una particular capacidad para captar y transmitir algunos de los elementos esenciales del pensamiento neurofisiológico contemporáneo.

El libro constituye, en mi opinión, una excelente introducción al campo de la inteligencia artificial, ya que sintetiza, en un texto corto y ameno, pero con un buen nivel de profundidad, conocimientos provenientes de diversas disciplinas, todos los cuales convergen en el terreno interdisciplinario de la inteligencia artificial.

Como la mayoría de libros que han aparecido en la colección "La ciencia desde México", en este caso se trata de un libro altamente recomendable, en el cual, se balancean perfectamente los aspectos más generales del tema, con un análisis serio de algunos problemas actuales de la investigación en inteligencia artificial.

Enrique Soto



AVANCES RECIENTES EN TORNO A LA FISIOPATOLOGÍA DE LA ENFERMEDAD DE ALZHEIMER

Las canas, la caída del pelo, las ojeras, los párpados caídos, las arrugas, la artritis, etc, etc, son todos cambios orgánicos asociados con la vejez, y en general aceptables para el individuo. Sin embargo, perder las habilidades mentales o la capacidad para recordar resulta inaceptable. Tan solo pensar en alteraciones del control de las funciones orgánicas, requiriendo de ayuda constante resulta dramático e inaceptable para todos nosotros. Algunas enfermedades como la de Alzheimer (demencia senil) resultan cada vez más comunes, en tanto somos más longevos, de ahí, el especial interés que reviste el conocimiento de su origen, y el desarrollo de posibles métodos terapéuticos y preventivos.

A partir del descubrimiento de que existen algunas familias en que la mitad o más de sus miembros tienen la enfermedad de Alzheimer, y que la mayoría de las personas con síndrome de Down adquieren lesiones típicas de esa enfermedad, se ha pensado que esta podría tratarse de un padecimiento de orden genético¹, ligado al cromosoma 21.

Respecto al mecanismo de la enfermedad, mucho se ha discutido si las placas amiloides, y las agrupaciones de neurofibrillas características de la patología en los cerebros de pacientes con Enfermedad de Alzheimer, son causa o efecto de la enfermedad. Resultados recientes indican que la acumulación de material amiloide es un elemento causal en el desarrollo de la Enfermedad de Alzheimer. Parecería que una mutación en uno de los aminoácidos de la proteína precursora del material amiloide es lo que determina la acumulación de éste a nivel de membranas celulares. El mecanismo fisiopatológico parece ser el siguiente: en las células anormales habría una sobreproducción de la proteína precursora de beta amiloide, con lo cual se liberaría intacta la proteína beta y el material amiloide. Este último no podría ya ser adecuadamente metabolizado, acumulándose en las membranas celulares. Diversos trabajos de neuropatología han permitido demostrar que la liberación y acumulación de la pro-

teína beta amiloide precede a la degeneración neuronal en el sistema nervioso. De hecho se ha encontrado que en los pacientes con Alzheimer se producen acumulaciones de beta amiloide también en otros órganos.

Investigaciones recientes publicadas en la revista *Science* del 4 de Octubre de 1991², han llevado a los investigadores a la conclusión de que la sustitución de un aminoácido fenil-alanina por una valina en la región transmembranal de la proteína precursora de amiloide, se correlaciona con la presencia de la enfermedad en todos los pacientes que fueron estudiados. Los autores de este trabajo proponen que éste puede ser el factor molecular causante de las acumulaciones amiloides y de la demencia en los pacientes con la Enfermedad de Alzheimer.

El conocimiento preciso de los mecanismos fisiopatogénicos de este padecimiento permitirá desarrollar estrategias racionales para su control y prevención. De hecho, algunos autores discuten ya la posibilidad de modificar la actividad de algunas de las enzimas relacionadas con la síntesis y proteólisis de la proteína precursora de amiloide.

Referencias

¹ Seulkue, D. J., "Amyloid protein and Alzheimer's disease", *Scientific American*, Vol. 265, 1991, pp. 40-47.

² Murrell, J., Farlow, M., Ghetti, B. y Benson, M., "A mutation in the amyloid precursor protein associated with hereditary Alzheimer's disease", *Science*, Vol. 254, 1991, pp. 97-99.

Rosario Vega

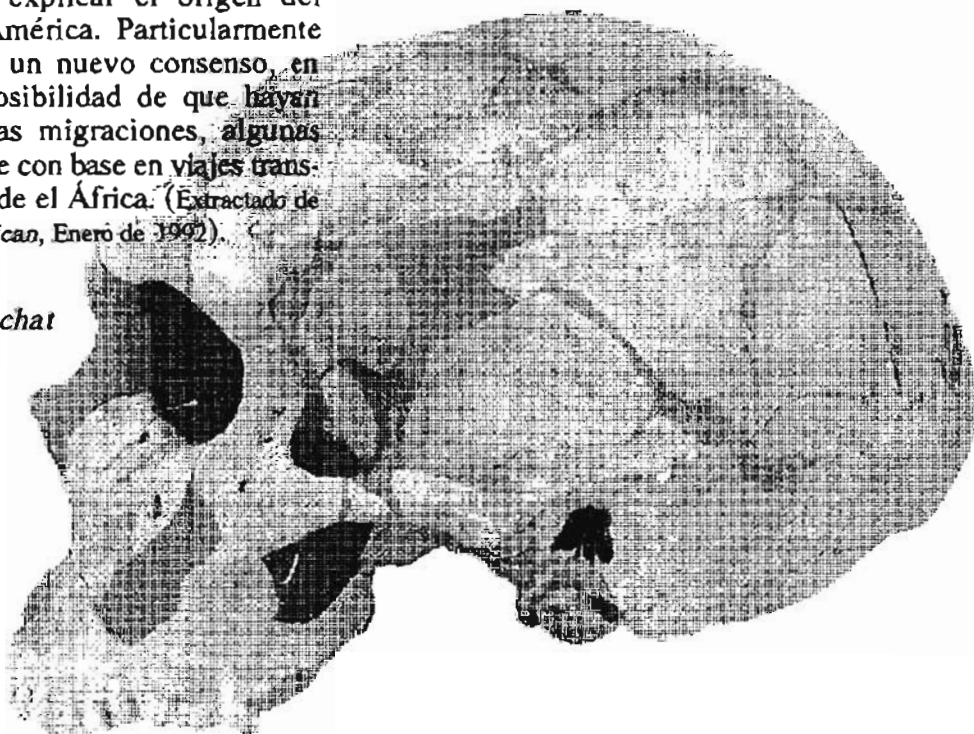
EL ORIGEN DEL HOMBRE EN AMÉRICA

Hace tan sólo una década existía un relativo consenso en torno a que el hombre emigró de Asia a América hace alrededor de doce a diecisiete mil años. Sin embargo, evidencias recientes, tanto arqueológicas, como de tipo genético y lingüístico, han llevado a los investigadores a pensar que el hombre migró a América hace más de treinta mil años.

Los hallazgos más espectaculares y controvertidos son los que han reportado un grupo de arqueólogos franceses, quienes excavando en la región de Pedra Furada en Brasil, creen haber encontrado evidencias de objetos trabajados por el hombre con una antigüedad de cuarenta y ocho mil años. Igualmente, datos genéticos indican que el genoma del hombre americano y el asiático tienen un ancestro común que puede ubicarse hace cerca de sesenta mil años.

Estos hallazgos han llevado a algunos investigadores a proponer nuevas teorías para explicar el origen del hombre en América. Particularmente parece haber un nuevo consenso, en torno a la posibilidad de que hayan existido varias migraciones, algunas probablemente con base en viajes transatlánticos desde el África. (Extractado de *Scientific American*, Enero de 1992).

Marcelo Gauchat



¿TIENE LA HOMOSEXUALIDAD UNA CAUSA BIOLÓGICA?

Trabajos recientes publicados en el mes de Agosto de 1991 por Simon LeVay en la revista *Science*^{*}, permiten revivir esta vieja polémica, la cual, al menos en nuestro medio, parecía haberse decidido en favor de considerar la homosexualidad como una conducta adquirida. Sin embargo, diversos estudios sugieren que existen regiones cerebrales directamente implicadas en el control de la conducta sexual. Por ejemplo, en los monos se ha demostrado que lesiones del hipotálamo en los machos, los hacen perder su interés por las hembras. Con base en estos datos fue que Simon LeVay, investigador del Instituto Salk en San Diego, E.U., decidió comparar el tamaño de las regiones hipotalámicas entre los hombres homosexuales y heterosexuales. Para ello se estudió el cerebro de diecinueve homosexuales (todos muertos de sida), dieciséis (supuestamente) heterosexuales (seis de los cuales habían muerto de sida), y seis mujeres (una de las cuales murió de sida).

Región cerebral	Diferencia sexual
HIPOTÁLAMO	Núcleos hasta 2.5 veces más grandes en el sexo masculino
TÁLAMO	Masa intermedia más comúnmente ausente en el sexo masculino
CUERPO CALLOSO	Algunas regiones como el istmo y el esplenio más grandes en la mujer
COMISURA ANTERIOR	Más grande en la Mujer

* Simon LeVay, "A difference in hypothalamic structure between heterosexual and homosexual men", *Science*, Vol. 253, 1991, pp. 1034-1037.

Este autor encontró que existen diferencias pequeñas, pero significativas en el tamaño de las regiones hipotalámicas entre las mujeres y los hombres, y entre los hombres homosexuales y los heterosexuales. Estas diferencias se ubican en los núcleos intersticiales del hipotálamo anterior, y particularmente el núcleo III. Este núcleo es más de dos veces mayor en los heterosexuales que en los homosexuales. Indudablemente este trabajo, aunque es una de las primeras evidencias claras que se presentan indicando diferencias en regiones cerebrales entre individuos con diferentes orientaciones sexuales, de ninguna manera constituye una prueba que enlace la orientación sexual con determinados rasgos biológicos.

Anteriormente este tipo de trabajo no se había efectuado, debido a que en las actas de defunción no se daba relevancia, y en muchos casos ni se asentaba la orientación sexual del individuo. Sin embargo, la aparición del sida ha determinado el que las preferencias sexuales deban ser establecidas en los expedientes médicos, ya que constituyen en la actualidad un importante factor de riesgo.

Algunos autores, incluido LeVay, piensan que este trabajo dará a los homosexuales una mayor aceptación, ya que establece que la homosexualidad es un carácter biológico, como el color de los ojos, más que una forma de conducta anormal. Según declaraciones de David Barr, director asistente de política para el grupo gay en Nueva York: "No importa por qué la gente es o no homosexual. Lo que es verdaderamente importante es cómo sean tratados". Dice, "yo no me he preocupado mucho por pensar de dónde viene mi sexualidad. Yo he reflexionado mucho más sobre cómo encajar en este mundo en que tengo que vivir".

María Eugenia Pérez

PATENTAR LA VIDA

Con el surgimiento de las técnicas derivadas de la investigación básica en genética (biotecnología), ha surgido la posibilidad de controlar y reproducir algunos de los mecanismos de funcionamiento de los seres vivos. Esto abre la posibilidad de realizar trasplantes genéticos, y la de hacer que grupos de organismos, generalmente bacterias, produzcan sustancias que pudieran ser de interés médico, o en otros campos como la agricultura o el control de plagas. Ello trae consigo problemas éticos y académicos relacionados con el uso de los trasplantes genéticos, el diagnóstico genético, el control del futuro de poblaciones y el otorgamiento de patentes.

Las patentes de productos y conocimientos derivados de la biotecnología representan un problema que merece especial atención por sus implicaciones. Por ejemplo, cuando se descubre un gene, los descubridores pueden proceder a patentarlo. ¿Tiene alguien derecho a esta patente? Ésta no es una pregunta trivial, especialmente considerando que puede tratarse del genoma humano y que los genes son productos naturales, que determinan qué y cómo somos. Algunos países y en particular Estados Unidos, Japón, Inglaterra, Francia y Alemania, que son los más avanzados en el desarrollo de biotecnología, parecieran pretender patentar en su totalidad el genoma humano. Son múltiples las publicaciones que tratan sobre este problema, y la reciente renuncia de James D. Watson (premio Nobel de Medicina en 1961 por el descubrimiento del DNA), como director del proyecto de estudio del genoma humano, parece haber sido motivada por una controversia relativa a las patentes de genes humanos. En este caso la situación parece alarmante. La directora del Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos pretende que, con sólo conocer la secuencia de aminoácidos de ciertos genes, se proceda a patentarlos en favor del Instituto que dirige, sin haber determinado siquiera su función. De esta manera y gracias a técnicas avanzadas de mapeo (reacción en cadena de la polimerasa y estudio de DNA complementario), es posible que en unos

cuantos años el gobierno de los Estados Unidos sea dueño de gran parte del genoma humano.

Las perspectivas de desarrollo en este campo son fascinantes y a la vez alarmantes, no cabe duda, la llave que abre las puertas del cielo es la misma que puede abrir las puertas del infierno. Las posibilidades de crear armas destructivas, o curas espectaculares están a la mano. El hombre tiene ante sí la posibilidad de controlar el desarrollo genético de todas las especies. De hecho se han realizado ya las primeras intervenciones genéticas en humanos para modificar el desarrollo de síndromes de deficiencia inmunológica que se presentan en los niños por la deficiencia de la deaminasa de adenosina (ADA). Actualmente en Italia y Holanda se han autorizado los trasplantes genéticos en humanos. Nos encontramos ante los hechos y algunos países no están completamente preparados para afrontarlos. No somos interlocutores para discutir en torno al derecho que tienen grupos, instituciones o gobiernos de patentar el código genético humano, o de intervenir en el devenir genético de tal o cual especie. Indudablemente el mapeo de genes requiere de una gran inversión en investigación, pero de ninguna manera ello da derecho, en mi opinión, a patentar algo que es patrimonio global del ser humano. Algunos investigadores en Japón y, en particular, el director del proyecto del genoma humano, ha manifestado su rechazo a que se realicen patentes sobre el código genético, sin embargo, algunas compañías japonesas privadas han realizado ya patentes de genes relacionados con la producción de algunas proteínas de interés.

¿Cuál es la opinión de la comunidad científica mexicana en torno a estos asuntos? Parece que los genetistas y biotecnólogos del país, que son quienes podrían dar una opinión experta, se mantienen dentro de la corriente de opinión internacional, tratando de jugar y competir con las armas y las reglas establecidas por las leyes de mercado. No existen antecedentes que permitan pensar que existe una conciencia nacional en torno al problema y, menos

PATENTAR...

aún, evidencia de que se intente introducir una verdadera discusión sobre el derecho que tienen estados, gobiernos e instituciones a reclamar el respeto a las patentes de segmentos del código genético humano. Indudablemente no se trata sólo de cuestiones científicas, sino que el problema tiene aspectos de orden económico-comercial, los cuales adquieren cada día un mayor peso en detrimento de las consideraciones de tipo ético y académico. Esto último, es uno de los grandes males del capitalismo desenfrenado. El dar mayor relevancia a las cuestiones económico administrativas que a cuestiones académicas y humanitarias se ha convertido en la regla; creo que en nuestro país algunos le llaman modernización.

Como sea, parece indispensable que nuestra comunidad desarrolle, y pronto, una opinión docta en torno a estos acontecimientos. Los avances en el campo de la genética hacen previsible que pronto deberemos afrontar al menos dos tipos de problemas: i) la existencia de patentes sobre segmentos del genoma humano y, en consecuencia, la necesidad de pagar grandes sumas por el uso de productos de origen natural (habremos de pagar y financiar toda la inversión que en investigación y desarrollo realizan otros países), ii) la posibilidad real de modificar de manera significativa el futuro genético de los seres vivientes.

Enrique Soto

HOYO NEGRO



Por primera vez en la historia de la astronomía moderna, un grupo de investigadores del Laboratorio Nacional de Óptica y Astronomía en Arizona en los Estados Unidos, reportan evidencias de la existencia de un hoyo negro masivo. Éste se ha localizado en el centro de una galaxia cercana conocida como M32. Los datos que confirman la existencia de este hoyo negro, el primero acerca del cual se tienen evidencias sólidas, proviene de imágenes obtenidas del telescopio espacial Hubble. Se ha encontrado que este hoyo negro tiene una masa con un peso equivalente a tres millones de veces la masa del Sol. Observaciones realizadas en la Tierra también han permitido confirmar que, cerca del centro de esta galaxia, las estrellas parecen incrementar su velocidad mucho más allá de lo esperable, por lo cual parecería que estuvieran siendo succionadas por una masa invisible. Dicen los astrónomos que sin un hoyo negro en el centro de esta galaxia sería imposible explicar estas observaciones. Este hallazgo constituye la primera evidencia experimental que indica la existencia de un hoyo negro, a pesar de que desde hace años se propuso la existencia de los mismos. (Tomado de *Science*, 17 de abril de 1992, p. 312.)

Elías Manjarrez

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Elementos es una revista de divulgación científica de ciencias naturales y aplicadas. Se publica bajo los auspicios de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Universidad Autónoma de Puebla. Entre sus objetivos destaca el servir como vehículo de comunicación entre la comunidad científica y los estudiantes del nivel medio superior y superior, así como el público en general.

Los artículos que se sometan a consideración editorial de la revista deberán enviarse en original y dos copias a:

Revista Elementos
Aten. Dr. Enrique Soto
Universidad Autónoma de Puebla
14 Sur 6301, CU
Apartado Postal 406
Puebla, Pue. 72000
Tel (22) 44 16 57

Todos los artículos sometidos a consideración editorial serán evaluados por especialistas en cada disciplina, de acuerdo con los criterios establecidos por el consejo editorial.

Los manuscritos deberán ajustarse a las siguientes normas:

1.- El material deberá ser presentado usando un lenguaje claro y sencillo, evitando el uso de términos técnicos especializados. Cuando éstos sean indispensables, deberá explicarse su significado en una nota. Se recomienda el uso de figuras ilustrativas y cuadros que permitan sintetizar y aclarar algunos conceptos relevantes o difíciles. Los artículos deberán ser breves con un máximo de 16 cuartillas, idealmente alrededor de 10. Se recomienda hacer uso de subtítulos e incisos a fin de facilitar la lectura.

2.- Las referencias en el texto se indicarán numéricamente de acuerdo al orden en que aparecen. Debido al carácter de la revista, deberán incluirse sólo referencias a trabajos claves sobre el tema en cuestión.

Al final del texto la lista de referencias deberá asentarse como sigue: Autores con sus iniciales, título del trabajo, revista o libro de donde procede, volumen, año y páginas (se evitarán las abreviaturas, especialmente en publicaciones en idioma distinto al español).

Ejemplos

En el caso de artículos en revistas:

Sánchez-Sandoval, A., González, E. y Elizalde, M.P., "Mendeleiev, ¿un científico romántico o clásico?", *Elementos*, Vol. 2, 1990, pp. 49-58.

En el caso de artículos en libros:

Bunge, M., "La bancarrota del dualismo psiconeural", en *La conciencia*, Editor Fernández Guardiola, A., Trillas, México, D.F., 1979, pp. 71-84.

En el caso de libros:

Chalmers, A.F., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Siglo Veintiuno, México, D.F., 1989.

3.- Las figuras, fotografías o gráficas deberán presentarse en papel brillante o en forma de dibujos a tinta china sobre papel albanene. Al preparar las figuras deberá tenerse en consideración que comúnmente éstas se reducen de tamaño, por ello, la simbología deberá ser clara y diferenciable.

Al final del texto deberán incluirse los pies de figura. No deberán incluirse figuras a las que no se haga referencia en el texto, o figuras sin su correspondiente pie.

En lo posible deberá evitarse el uso de materiales previamente publicados. Sin embargo cuando ello se considere indispensable será responsabilidad del autor obtener los permisos necesarios para su reproducción.

4.- Deberá especificarse la institución donde trabajan cada uno de los autores, e información suficiente sobre el domicilio y teléfono del autor responsable.

5.- En caso de que se haya usado un procesador de textos computarizado se recomienda enviar el disco magnético con el texto, indicando el programa utilizado.



**ANSELM
KIEFER**