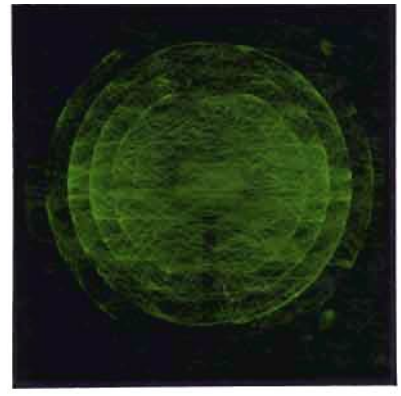
Revista de Ciencias Exactas, Naturales y Aplicadas

elementos

HIPERTERMIA Y CANCER



EL CONCEPTO DE MATERIA

NAPOLEON EN LA QUIMICA FORENSE

LAS CONTRIBUCIONES DE GAUSS A LA ESTADISTICA

LA CONTAMINACION EN LAS COSTAS MEXICANAS

No. 10 • Año 3 • Vol. 2 Universidad Autónoma de Puebla Enero-Marzo de 1987

Revista de Ciencias Exactas, Naturales y Aplicadas

elementos

EDITORIAL 2

CORRESPONDENCIA 4

ARTICULOS

Las contribuciones de Gauss a la estadística
David A. Sprott. 5

Reseña histórica de la estadística
Rodolfo Cortés Riveroll, Antonio Cruz López, Ignacio Hermoso Núñez. 15

La hipertermia como un medio para el tratamiento del cáncer
José M. Castellanos Pérez, Arturo Reyes Lazalde, Héctro M. Lozada Sánchez, José Luis Gómez Osorio, Jesús Carrillo López. 22

El surgimiento del concepto de Mol
María de la Paz Elizalde, José Núñez Flores, Luis Rivera Terrazas. 27

Los conceptos de materia y sus dificultades
Ulises Moulines. 30

Concepto de materia y materialismo, sobre algunso argumentos antimaterialistas recientes
Mario H. Otero. 38

Napoleón en la química forense
Ismael Soto López 45

Problemática de la contaminación en los sitemas lagunar estuarinos de las costas mexicanas
José Luis Carbajal P., Deneb Chavira M. 58

OPINION

Compartiendo las experiencias: sobre metodología de buenas y malas pláticas
Jerzy F. Plevañsky 65

El inicio de un trabajo de investigación científica
Joaquín Luco Valenzuela 72

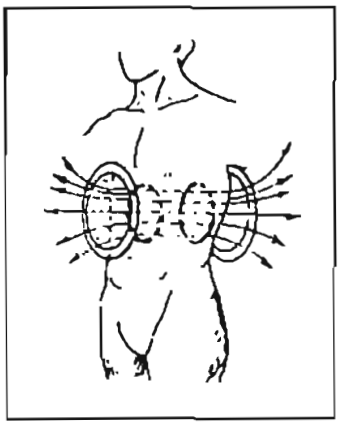
Los perceptores de la divulgación científica
Mario Guzmán C. 79

NOTICIAS Y NOVEDADES 83

AUTORES Y COLABORADORES 97

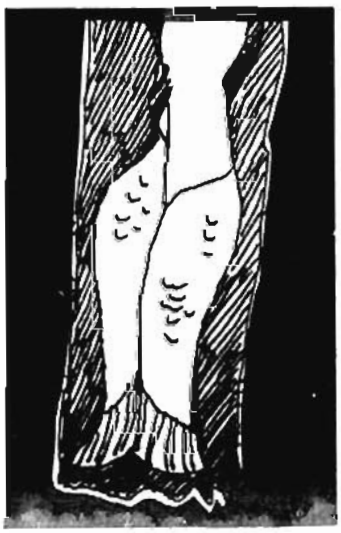
REVISTA TRIMESTRAL
No. 10 • Año 3 • Vol. 2
ENERO-MARZO DE 1987

Una síntesis de las contribuciones de Gauss a la teoría de la estimación estadística... p. 5.



La creación de un aparato de hipertermia para ser usado en combinación con radioterapia y quimioterapia, en el tratamiento del cáncer. . . p. 22.

La muerte de Napolcón a la luz de la química forense contemporánea arroja dudas sobre sus causas. . . p. 45.



Un panorama general de la contaminación en los sistemas lagunares y estuarinos de la República Mexicana y la respuesta de estos ecosistemas a la contaminación en términos de flujo energético. . . p. 58

El año que iniciamos abre su abanico de posibilidades y retos, envolviéndonos con una sensación de frescura que nos permite plantear con mayor optimismo y vigor nuestros objetivos para 1987, objetivos que desde luego están alimentados y condicionados por los esfuerzos que con anterioridad se han plasmado en la concreción editorial, por lo que a nuestra actividad se refiere.

Con el pasado número 9 de *Elementos* iniciamos el tercer año de existencia y para no perder la antigua y saludable costumbre de volver la vista al pasado para hacer un balance de lo obtenido y lo que todavía permanece en ciernes, me permitiré hacerlo en esta ocasión refiriéndome a las experiencias del acontecer editorial de *Elementos* durante su segundo año de vida.

En la editorial del primer aniversario de esta publicación mencionábamos el duro proceso de madurez editorial al que toda publicación se ve sometida, lo que en el caso de las revistas de difusión de la ciencia y la técnica se vuelve complejo, resultado esto de las condiciones específicas de atraso de la mayoría de la población mexicana, no estando exento el sector universitario; condiciones específicas que van desde un bajo índice de lectura, un mercado de consumo restringido y dominado por seudoliteratura alienante, economía en crisis, bajo nivel de escolaridad, en fin, situaciones conocidas por muchos de nosotros.

Este conjunto de variables negativas plantea un agudo problema a lo que llamaremos publicaciones científico-culturales: ¿cómo penetrar en un mercado de consumo dominado por poderosos recursos financieros y sofisticadas técnicas de diseño y publicidad, aunado a un lamentable estado de apatía de la sociedad hacia este tipo de publicaciones?

Por supuesto que gran parte de la solución de esta interrogante radica en el cambio estructural del actual sistema económico y político. Sin embargo ello no nos debe impedir del todo crear y desarrollar una infraestructura que nos permita ofrecer publicaciones de calidad a, por lo menos, el sector conformado por estudiantes, profesores, investigadores y profesionistas.

Esta infraestructura debe funcionar en conjunción con otro aspecto no menos decisivo: la conformación de un grupo de colaboradores intelectuales que evolucionen en su práctica de "traducir" los conocimientos generados a partir de la investigación científico-técnica al lenguaje de un público no especializado, en combinación con un adecuado proceso técnico de edición que proporcione una mayor eficacia

EDITORIAL

de claridad y penetración visual en el lector.

Esta problemática ha seguido siendo abordada a lo largo del segundo año de aparición de *Elementos*, acerca de lo cual podemos dar cifras aproximadas. Del material publicado a la fecha, alrededor del 80% son trabajos inéditos, de los cuales un 20% ha sido realizado en el extranjero, siendo el 20% restante material resultado de traducciones hechas por colaboradores de la revista; hemos aumentado el número de páginas, de 64 durante el primer año a 80 para el segundo y a 92 para el tercero; a partir del presente número contaremos con un canal de distribución que nos permita llegar a ciudades de doce estados de la República, lo que se sumará a los medios de distribución empleados por el Departamento de Publicaciones de la UAP, y estructuraremos un equipo de corrección y diseño que dé la posibilidad de ofrecer un trabajo cada vez más profesional.

Analizando la procedencia de los trabajos publicados, observamos que es cada vez mayor el porcentaje de colaboraciones de profesores e investigadores que laboran en la Universidad Autónoma de Puebla, con lo que uno de los fines que persigue nuestra política editorial se cumple de manera cada vez más satisfactoria.

De esta forma tratamos de resolver otro de los vicios que nos aquejan, la centralización en la ciudad de México de una gama de actividades políticas, económicas y culturales, que en el caso de la actividad científico-técnica con su correspondiente difusión y divulgación se acentúa aún más. En efecto, en el caso de revistas periódicas las únicas que cuentan con circulación nacional significativa son las publicadas por el CONACYT; que, a su vez, son dirigidas en su mayor parte por investigadores de la UNAM o egresados de la misma institución nacional que en conjunción con otra, el Instituto Politécnico Nacional, detentan casi por sí solas el monopolio de la investigación con sus respectivas sociedades científicas. En todo esto juegan un papel clave los altos recursos financieros que poseen en comparación a las universidades o institutos del interior del país. Planteamiento éste que no pretende en modo alguno demeritar la calidad profesional de muchos de sus investigadores, sino insistir en la necesidad de que se destinen mayores recursos financieros a las diferentes actividades científico-técnicas desarrolladas en las entidades federativas y a la difusión de las mismas.

Jesús Mendoza Alvarez

CORRESPONDENCIA

Revista *Elementos*
Universidad Autónoma de Puebla

Distinguidos universitarios:

Escribo para solicitar información, sobre el costo de los cuatro primeros números de *Elementos* así como información sobre "suscripción de apoyo". Por otro lado, tomando su invitación a pedir o proponer temas que en lo personal me interesen, me gustaría que abordaran el tema "logaritmos" (parámetros de que se basa para conformarlos: origen y aplicación práctica y básica), así como temas de electrónica, biotecnología, álgebra, física en todas sus modalidades, química, ecología, etc.

Abusando de su invitación, deseo felicitar a todos los que logran la calidad de su revista, por sus artículos y profesionalismo, muy especialmente a Filiberto Malagón por la sencillez con que divulga temas tan importantes. Así también los felicito por la belleza de la portada y los restantes artículos de *Elementos* núm. 8, vol. 2. Saludos y muchas gracias. ANIMO Y ADELANTE.

Marcial Ramírez Robles
Av. Gustavo A. Madero 302
Col. 1o. de Mayo, C.P. 27370
Torreón, Coah.

POSDATA: Esperando no sea molestia, suplico se exija a Correos traten los envíos con más consideración, pues si bien no son tan frágiles como otras mercancías, también no son de acero. La revista llega un poco magullada y con ello estropea la portada. Reclamé a la agencia local, me informaron que en Puebla se origina el problema. Sin más asuntos me despido nuevamente. Muchas gracias.

* * *

Estimado suscriptor:

Le informamos que la suscripción que hizo a nuestra revista, ha llegado a su término con el No. 9 que le estamos anexando, por lo que le invitamos a renovar ésta de acuerdo a la nueva tarifa que es la siguiente, a partir de 1987:

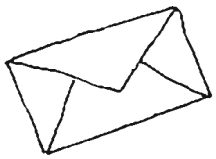
Suscripción (4 números)	$ 2,000.00
Suscripción de apoyo (4 números)	$ 3,000.00

Como el costo de envío de la revista es muy elevado se propone a los suscriptores esta cuota de apoyo.

Respecto a los cuatro primeros números que desea adquirir, le informamos que ya están agotados tres de ellos pero le estamos enviando el número doble 4-5.

Sin más por el momento nos despedimos de usted.

Atentamente
Jesús Mendoza Alvarez



Revista *Elementos*
Universidad Autónoma de Puebla

Me dirijo a ustedes con un saludo y sinceras felicitaciones por su labor en la revista, creo que si se lo proponen su revista puede tener una gran difusión a nivel de estudiantes y profesionistas, ya que en lo que he tenido oportunidad, me ha tocado ver que tiene gran aceptación y, sobre todo, despierta mucho interés.

Dándoles las gracias de antemano les pido por favor se me envíen los tomos atrasados: 4, 5, 6, 7 y 8 para lo cual envío anexo giro postal No. 585215, el cual va un poco excedido por un posible aumento, y en caso de no haberlo, lo envío en forma de apoyo.

Esperando que este año sea de un buen porvenir me despido quedando de ustedes, Su seguro servidor. Atentamente:

Ing. Francisco R. Medina Escudero
Av. Veracruz No. 324 Col. Petrolera
Coatzacoalcos, Ver. C.P. 96500

* * *

Estimado Ingeniero,

Su carta que hemos recibido con mucho gusto expresa una opinión que ha sido una constante preocupación del equipo editorial de *Elementos*, en lo que se refiere a la difusión y distribución de esta publicación.

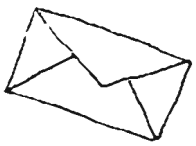
Estamos haciendo intentos para que a corto plazo aumentemos el número de nuestros lectores, lo que habrá de ser posible en base a la superación de los pocos recursos humanos y económicos con los que contamos.

Las felicitaciones que nos dirige son un verdadero estímulo para vencer éstas y otras adversidades. Por nuestra parte también le enviamos saludos y nuestros mejores deseos para un buen año.

Le agradecemos nos informe si ya recibió los ejemplares atrasados que le enviamos el día 17 del presente mes.

Sin más por el momento nos despedimos de usted.

Atentamente
Jesús Mendoza Alvarez



Revista *Elementos*

Antes que nada les doy mis más sinceras felicitaciones por la publicación de la revista *Elementos* y por su magnífico contenido.

La revista *Elementos* no se distribuye en León, por tal motivo, pido a usted información de cómo obtenerla periódicamente y si pueden enviarme todos los números aparecidos a la fecha (excepto el 1) por C.O.D.

Sin más por el momento se despide su Atto., y S.S.

Roberto Chico Villalobos
Piscina 705
Col. Olivos C.P. 37410
León, Gto.

* * *

Estimado lector:

Me es grato contestar su amable carta del 4 de febrero, recientemente recibida, en la que pide informes respecto a la suscripción a nuestra revista.

Junto a esta carta le anexo una información resumida acerca de la política editorial y del índice de los cuatro primeros número de "Elementos". Así como el talón que usted tiene que llenar para suscribirse.

Atentamente
Jesús Mendoza Alvarez

LAS CONTRIBUCIONES DE GAUSS A LA ESTADISTICA

David A. Sprott.*

1. Introducción

Para el progreso de las ciencias y las matemáticas es importante estudiar en su forma original, o tan cercano del original como sea posible, los trabajos del pasado hechos por los científicos y matemáticos eminentes. Ver, por ejemplo, Fisher (1959). Esta afirmación se aplica igualmente a la estadística moderna. Por esta razón, como se verá más adelante, es muy importante estudiar de primera mano los conceptos y métodos de Gauss. Gauss escribió en latín y alemán. Sus obras sobre estadística fueron traducidas al francés por Bertrand (1855), lo cual fue autorizado y aprobado por Gauss. La versión francesa fue traducida al inglés por Trotter (1957). La presentación de los métodos de Gauss en este artículo se basa en estas traducciones.

Las contribuciones de Gauss a la estadística se conocen bajo el nombre de los mínimos cuadrados. Este nombre, sin embargo, da poca idea de la amplitud de su importancia teórica y práctica. En el Libro 2, Sección 3 de su volumen sobre las órbitas de los planetas, Gauss (1809), discutió la estimación de los seis parámetros que determinan la órbita elíptica de un planeta basado en $n > 6$ observaciones. Su segunda exposición (Gauss 1821, 1823a, 1826) fue presentada en tres artículos extensos a la Sociedad Real de Göttingen. Es claro de lo dicho por Gauss en la introducción a estos artículos que él consideró este problema como muy importante.

*Departamento de Estadística y Ciencias Actuariales, Universidad de Waterloo, Ontario, Canadá. Basado en los artículos del mismo autor aparecidos en 1978 y 1983.

No es mi propósito en este artículo trazar las ideas del pasado con la intención de asignar prioridades en sus descubrimientos. Los debates sobre prioridades frecuentemente involucran interpretaciones altamente subjetivas con respecto al periodo exacto en que una idea específica fue formulada. Esto requiere también el definir cuál es la idea exacta. Por ejemplo, hubo (y hay aún) una gran controversia en torno al origen de los mínimos cuadrados. Legendre fue el primero en publicar acerca de los mínimos cuadrados en 1805, y fue responsable del nombre mínimos cuadrados (en francés, *moindre carrés*). Sin embargo, Legendre discutió solamente el principio de los mínimos cuadrados, como se discute en la Sección 3. Pero, como se explicará en las secciones que siguen a la Sección 3, fue Gauss quien desarrolló la teoría de los mínimos cuadrados e hizo una gran parte de la teoría estadística hoy conocida bajo el nombre de regresión lineal con el famoso modelo lineal de Gauss. De hecho, en esta área importante de la estimación, Gauss desarrolló tanto los fundamentos como las aplicaciones de la estadística como se encuentran casi hasta el día de hoy, tal vez aún más avanzado que ahora. No todos los artículos que hoy se escriben son contribuciones positivas.

2. El modelo lineal de Gauss

El primer enfoque de Gauss a los mínimos cuadrados se incluye en su libro *Theoria Motus Corporum Celestium* y ocurre en su discusión del cálculo de las órbitas de los planetas. El problema es estimar las k cantidades desconocidas $\boldsymbol{\theta}' = (\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_k)$ que determinan la órbita, llamadas *parámetros* en la estadística, basado en $n > k$ observaciones $\mathbf{Y}' = (y_1, y_2, \ldots, y_n)$. No es posible medir $\boldsymbol{\theta}$ directamente; solamente es posible medir funciones de $\boldsymbol{\theta}$, $\xi_i = \xi_i(\boldsymbol{\theta})$, $i = 1, 2, \ldots, n$. Si $\boldsymbol{\xi}$ puede observarse sin error, $\mathbf{Y} = \boldsymbol{\xi}$, entonces después de observar $\mathbf{Y}$, $\boldsymbol{\xi}$ sería conocido numéricamente. Se sigue que, sería necesario solamente resolver las ecuaciones $\mathbf{Y} = \boldsymbol{\xi}$ para $\boldsymbol{\theta}$, lo cual es posible puesto que el sistema de las ecuaciones debe ser consistente. Sin embargo, en la práctica no es posible medir $\boldsymbol{\xi}$ sin error, así las ecuaciones son

$$\mathbf{Y} = \boldsymbol{\xi} + \mathbf{e}, \qquad (1)$$

donde $\mathbf{e}' = (e_1, e_2, \ldots, e_n)$ son los errores en las observaciones $\mathbf{Y}$ (errores observacionales), y $\mathbf{Y}$, $\boldsymbol{\xi}$, y $\mathbf{e}$ son vectores $n \times 1$. La notación $\mathbf{A}'$ denota la transpuesta de la matriz $\mathbf{A}$.

En el caso especial, pero muy común (por lo menos aproximadamente), donde $\boldsymbol{\xi}$ es lineal en $\boldsymbol{\theta}$, $\xi_i = \Sigma x_{ij}\theta_j$, o en la notación matricial $\boldsymbol{\xi} = \mathbf{X}\boldsymbol{\theta}$, las x_{ij}'s se suponen constantes conocidas, (1) es

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\theta} + \mathbf{e}; \qquad (2)$$

Carl Friederich Gauss (1777-1855).

$\mathbf{X} = (x_{ij})$ es una matriz $n \times k$, y $\boldsymbol{\theta}$ es un vector $k \times 1$. Este es el modelo lineal de Gauss discutido en los libros de texto de estadística como la regresión lineal.

3. El principio de los mínimos cuadrados.

El principio de los mínimos cuadrados consiste en elegir el valor de $\boldsymbol{\theta}$ que minimiza la suma de los cuadrados $Q = \Sigma(y_i - \xi_i)^2$. Así $\boldsymbol{\theta}$ es una solución de $\partial Q/\partial\theta_j = 0$, $j = 1, 2, \ldots, k$. Estas son las ecuaciones de los mínimos cuadrados

$$\sum_{i=1}^{n} (y_i - \xi_i)\partial\xi_i/\partial\theta_j = 0, \qquad j = 1, 2, \ldots, k. \qquad (3)$$

De (2) donde $\boldsymbol{\xi} = \mathbf{X}\boldsymbol{\theta}$, (3) puede escribirse como $\mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\theta} = \mathbf{X}'\mathbf{Y}$, de modo que la solución es el estimador clásico de los mínimos cuadrados $\hat{\boldsymbol{\theta}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}$.

Como se dijo anteriormente, han habido discusiones extensas en torno a la prioridad en el desa-

rrollo de los mínimos cuadrados, puesto que Legendre consideró también (1) y (2) y produjo (3) y $\hat{\boldsymbol{\theta}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}$. Legendre lo publicó en 1805 antes que Gauss, quien lo publicó en 1809. Sin embargo, es importante subrayar el hecho de que Legendre enunció solamente el principio de los mínimos cuadrados como se describió arriba. Gauss, al contrario, desarrolló adicionalmente la teoría de los mínimos cuadrados, como se describe en las secciones siguientes.

4. La teoría de Gauss: el primer enfoque (1809)

Si se asume que las observaciones son igualmente precisas e independientes, y si la densidad de la probabilidad del error e_i es $f(e_i)$, entonces la densidad de la probabilidad de los errores conjuntos es

$$P = \prod_{i=1}^{n} f(e_i) = \prod_{i=1}^{n} f(y_i - \xi_i).$$

Suponga que todos los valores $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_k$, son *a priori* igualmente probables. Entonces, la densidad de la probabilidad *a posteriori* de $\boldsymbol{\theta}$ obtenida mediante el teorema de Bayes (1763) es

$$f(\boldsymbol{\theta} \mid Y) = C\prod_{i=1}^{n} f(y_i - \xi_i) = CP, \quad C = 1/\int_{\Omega} P\, d\boldsymbol{\theta}, \quad (4)$$

donde Ω es el espacio del parámetro $\boldsymbol{\theta}$. Ver, por ejemplo, Sprott (1984). El valor $\hat{\boldsymbol{\theta}} = (\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \ldots, \hat{\theta}_k)$ más probable de $\boldsymbol{\theta}$ corresponde al máximo de P, y se determina mediante las ecuaciones

$$\begin{aligned} \partial \log P/\partial\theta_j &= \sum_{i=1}^{n} [d\log f(e_i)/de_i]\partial e_i/\partial\theta_j \\ &= -\sum_{i=1}^{n} [f'(y_i - \xi_i)/f(y_i - \xi_i)]\partial\xi_i/\partial\theta_j \\ &= 0, \quad j = 1, 2, \ldots, k. \end{aligned} \quad (5)$$

Para obtener una solución explícita $\hat{\boldsymbol{\theta}}$, se necesita especificar la forma analítica de $f(e)$. Para obtener esto, Gauss asumió que el valor más probable de una sola cantidad ξ es la media $\bar{y} = (y_1 + y_2 + \ldots + y_n)/n$ de sus valores observados. Para $k=1$, y $\xi_1 = \xi_2 = \ldots = \xi_n = \xi$ en (1), las ecuaciones (5) se vuelven $\Sigma f'(y_i - \xi)/f(y_i - \xi) = 0$, y la solución debe ser $\xi = \bar{y}$, por lo tanto $\Sigma f'(y_i - \bar{y})/f(y_i - \bar{y}) \equiv 0$ para todos los valores de n. Esta es una ecuación funcional, cuya solución que maximiza a P es $f(z) = k\exp(-h^2z^2)$, Aczel (1976, pp. 47-48, 106-109). Esta es la distribución normal o la distribución clásica de Gauss. La cantidad h fue llamada la "precisión" por Gauss. En la notación moderna, $h^2 = 1/2\sigma^2$, y entonces $k = 1/\sqrt{2\pi}\sigma$, de modo que $f(z)$ es la densidad de probabilidad

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp\left[-\frac{z^2}{2\sigma^2}\right] \quad (6)$$

En esta forma, σ^2 es la varianza de z, y σ se llama error estándar de z.

Si se usa (6) en (4), entonces

$$P = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\right)^n \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}\Sigma(y_i - \xi_i)^2\right],$$

la cual es un máximo cuando

$$Q = \Sigma(y_i - \xi_i)^2$$

es un mínimo. Así, el valor más probable de $\boldsymbol{\theta}$ en (4) es el valor $\boldsymbol{\theta}$ que hace Q un mínimo, donde Q es la suma de los cuadrados de las diferencias de los valores observados y_i y los valores verdaderos ξ_i, cuando se asume que los y_i's son igualmente precisos. Este es el principio de los mínimos cuadrados, como se discute en la Sección 3.

Cuando los y_i's tienen precisiones diferentes, medidas por sus errores estándares σ_i's, el resultado son los mínimos cuadrados ponderados, también obtenidos por Gauss

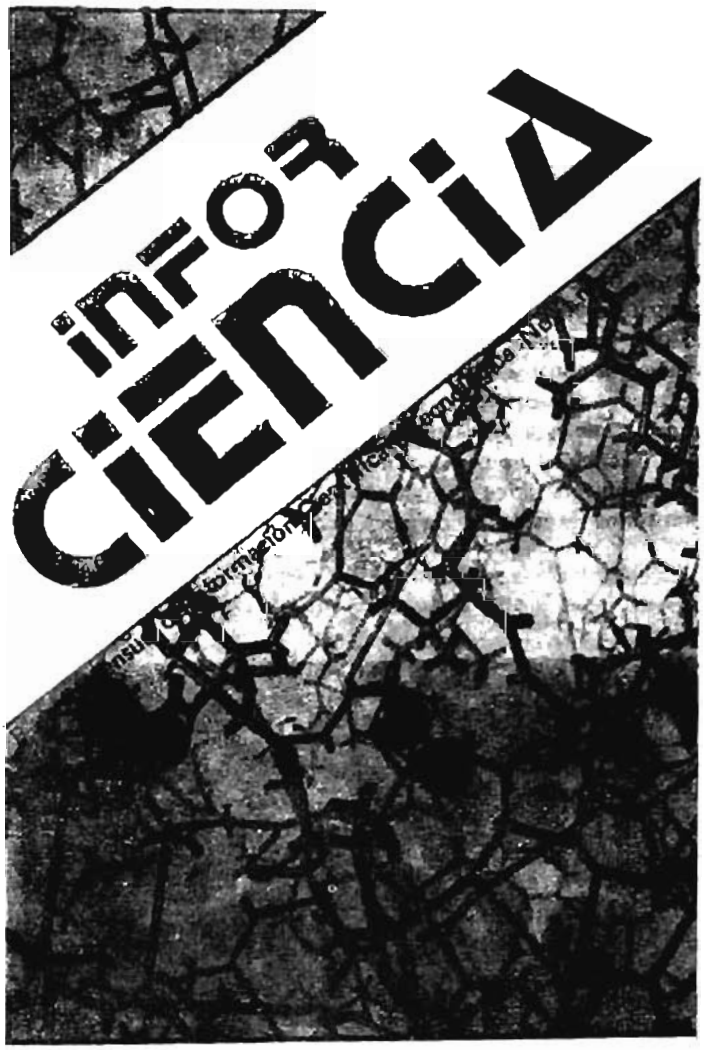
$$Q = \Sigma\frac{1}{\sigma_i^2}(y_i - \xi_i)^2.$$

Si $\boldsymbol{\xi} = \mathbf{X}\boldsymbol{\theta}$, como en el modelo lineal de Gauss (2), entonces $Q = (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\theta})'(\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\theta})$, las ecuaciones de los mínimos cuadrados son $\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\theta}} = \mathbf{X}'\mathbf{Y}$, con la solución $\hat{\boldsymbol{\theta}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}$, como se dice en la Sección 3.

Gauss redujo la forma cuadrática $Q = (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\theta})'(\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\theta})$ a una suma de cuadrados de la forma $Q = \Sigma d_{ii}^2\alpha_i^2 +$ una constante, la cual es independiente de las α's, donde las α's son funciones lineales de las θ's. Por lo

tanto, las α's son variables aleatorias independientes normales con media cero, y el error estándar de α_i es σ/d_{ii}. De estos hechos, se sigue que los θ's tienen una distribución normal alrededor del valor más probable $\hat{\boldsymbol{\theta}}$, y el error estándar de θ_i es $\sigma\sqrt{a^{ii}}$, donde a^{ij} es el elemento (i, j) de $\mathbf{A}^{-1}=(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$. Los detalles matemáticos de los métodos y los resultados de Gauss pueden obtenerse de Seal (1967).

La interpretación de este resultado dado por Gauss es que la evidencia acerca de θ_i contenida en todas las observaciones $y_1, y_2, \ldots, y_n$ es equivalente a la evidencia en la medida sola $\hat{\theta}_i$ con una precisión $1/\sqrt{a^{ii}}$ veces la precisión de las observaciones originales (eso es, con un error estándar de $\sqrt{a^{ii}}\sigma$).



El consejo de Investigación y Estudios de Posgrado de esta universidad, órgano integrado por investigadores y profesores de posgrado de las diversas escuelas y departamentos de la misma, resolvió por unanimidad publicar un boletín que sirviera de canal de comunicación entre el Consejo y los universitarios de esta institución, de tal manera que éstos conocieran los acuerdos del propio Consejo, las actividades de la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado y los resultados y estado actual de la investigación en la UAP.

5. Discusión

a) Aunque Legendre también consideró $\mathbf{Y}=\mathbf{X}\boldsymbol{\theta}+\mathbf{e}$, él se limitó al principio de los mínimos cuadrados como en la Sección 3. Según Seal (1967), el método de Gauss discutido anteriormente fue el primer tratamiento estadístico del problema. Esto significa, un tratamiento que usa explícitamente la distribución de la probabilidad de los errores e_i.

b) Hay una controversia extensa en torno al uso del teorema de Bayes (4). Esta se centra alrededor de la validez de asumir que cualesquiera dos valores de un parámetro θ son igualmente probables (o de hecho asumir cualquier otra distribución de probabilidad de θ) cuando nada se conoce acerca de θ. Esto es, la ignorancia acerca de θ no puede tomarse como base para asumir una función de densidad de probabilidad $f(\theta)$, la cual produciría afirmaciones precisas e información exacta acerca de θ. Sin embargo, el desarrollo de Gauss arriba discutido es ahora un método estándar de algunos libros de estadística.

Es interesante notar, sin embargo, que Gauss no dio a sus resultados una interpretación bayesiana. No habló de probabilidades ni de precisión del *parámetro* θ_i, las cuales se obtendrían directamente de la distribución normal de $\boldsymbol{\theta}$ producida arriba. De hecho, dio a sus resultados una interpretación estándar de frecuencia cuando habló de la precisión del *estimador* $\hat{\theta}_i$, como se dijo al final de la Sección 4.

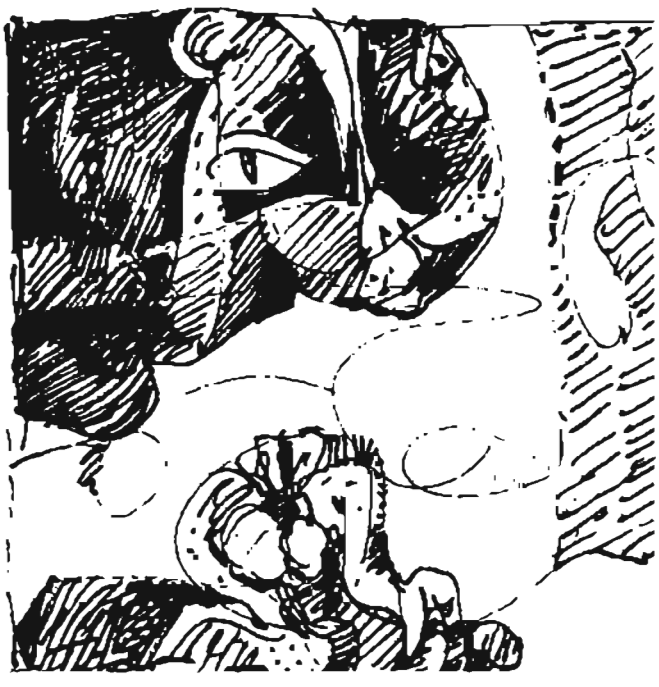
c) Los cálculos de Gauss se han convertido en el álgebra lineal estándar en los libros de texto de regresión. Una gran parte de la regresión lineal y los diseños experimentales, los cuales constituyen la base de una buena parte de la estadística moderna, dependen de la descomposición de Q en términos de sumas ortogonales de cuadrados.

d) El método de estimación definido por las ecuaciones (5) se llama hoy la estimación de máxima verosimilitud. Es el método de estimación que se usa más frecuentemente. Ver Edwards (1974) para la historia de máxima verosimilitud. Este método fue desarrollado por Fisher, por ejemplo, Fisher (1922, 1925, 1935). Ver Sprott (1984). Gauss derivó los mínimos cuadrados como un caso especial de máxima verosimilitud, apropiado cuando la distribución de los errores es normal, o, igualmente, cuando la media aritmética es el "mejor" estimador del parámetro de posición. Cuando esta distribución no es normal, varios ejemplos muestran que la lógica de arriba no produce los mínimos cuadrados, pero el método de máxima verosimilitud (5) es todavía aplicable. Tal vez el ejemplo más famoso es el obtenido cuando los errores tienen la distribución de Cauchy,

$$f(e)=\frac{1}{\pi}\frac{1}{1+e^2}, \quad e=y-\theta.$$

Esta es una distribución simétrica como la distribución normal, pero con mayor concentración en las extremidades. Esta diferencia tiene consecuencias serias, una de las cuales es que el estimador de los mínimos cuadrados, la media aritmética $\bar{y}$, es casi el peor estimador posible de θ, puesto que es equivalente en precisión a una sola observación.

Con la capacidad de Gauss de generalizar, es tal vez sorprendente el que no haya abandonado la suposición de la supremacía de la media aritmética y haya examinado otras posibilidades. La razón de ello es quizá que las distribuciones continuas, a excepción de la normal, no ocurrían entonces en la práctica. Más probablemente, fue porque más tarde abandonó completamente el método de arriba por un método no-paramétrico, el cual no impone ninguna suposición sobre $f(e)$ otra que una media de cero y una varianza finita. Como dijo en una carta a Bessel (Plackett, 1972, p. 247), no le pareció tan importante determinar el valor de un parámetro desconocido para el cual la probabilidad es más grande, aunque infinitamente pequeña. (Una distribución continua de una variable aleatoria U asigna una probabilidad de cero a cada valor *específico* de U.) Le pareció más apropiado usar un método que mitiga tanto como sea posible los efectos malos de los errores e_i de las observaciones. Eso condujo a su segundo método de los mínimos cuadrados.



6. La teoría de Gauss: el segundo enfoque (1821, 1823a, 1826)

6.1. El segundo método de Gauss se incluye en tres artículos largos, *"Theoria Combinationis Observationum Erroribus Minimis Obnoxiae"* (Parte 1 (1821), Parte 2 (1823a), Suplemento (1826)), que fueron presentados a la Sociedad Real de Göttingen. En estos artículos Gauss abandonó el método inferencial de la Sección 4, que involucra "metafísica", como lo describió en la carta a Bessel citada arriba, por un método basado en una teoría de la decisión.

Comenzó la Parte 1 comparando el problema de la estimación de un parámetro desconocido con un juego en el cual una pérdida se teme y no hay esperanza de ganancia. Cada error cometido se considera como una pérdida que se sufre. La indeseabilidad relativa de tal juego se mide por la pérdida esperada, esto es, por la suma de los productos de las varias pérdidas posibles con sus probabilidades respectivas. Definió como conveniente, aunque arbitrario, la pérdida como proporcional al cuadrado del error cometido. La pérdida esperada es entonces el error cuadrático medio.

Estas ideas son formuladas en la teoría de la decisión moderna. En la teoría de la decisión hay una función de pérdida, la pérdida esperada es la función de riesgo, y el objeto es hacer el riesgo mínimo. En el caso de los mínimos cuadrados, la función de pérdida es el cuadrado del error $(\theta - \tilde{\theta})^2$, donde $\tilde{\theta}$ es cualquier estimador de θ, y la función de riesgo es el error cuadrático medio, $E(\theta - \tilde{\theta})^2$.

6.2 Antes de introducir el problema de los mínimos cuadrados, Gauss comenzó la Parte 1 con una discusión extensa de varios tópicos estadísticos, incluyendo las propiedades de medias, varianzas, propagación del error, etc., la mayoría de las cuales aparecen en los libros de texto elementales. Notable entre estos resultados es la desigualdad

$$\Pr[|x-\theta| \geq \lambda\sigma] \leq 1 - \lambda/\sqrt{3}, \quad \lambda \leq 2/\sqrt{3},$$
$$\leq 4/9\lambda^2, \quad \lambda \geq 2/\sqrt{3},$$

válida para cualquier distribución simétrica con una sola moda (y media) θ. Esta desigualdad con $\lambda = 2$ implica que la probabilidad de que x caiga en una región de dos errores estándares de θ es por lo menos .89. Alternativamente, para cualquier valor de x observado, un intervalo del 89% de confianza de θ sería a lo más $x \pm 2\sigma$.

6.3 Regresando a los mínimos cuadrados, el modelo es el modelo lineal de Gauss (2), $\mathbf{Y} = \mathbf{X\theta} + \mathbf{e}$, donde $\mathbf{X}$, como antes, se asume conocida sin error, y los errores e_i son variables aleatorias independientes con media 0 y varianza σ^2. Aunque Gauss no empleó ni la notación ni las propiedades de las matrices, los cálculos se simplifican y acortan mediante su uso.

Para estimar $\boldsymbol{\theta}$, Gauss asumió que los errores e_i eran suficientemente pequeños de modo que sus cuadrados y potencias más altas eran despreciables. Por lo tanto, sin pérdida de generalidad, limitó consideración a los estimadores $\tilde{\boldsymbol{\theta}}$ que son funciones lineales de las observaciones, $\tilde{\theta}_j = \sum_{i=1}^{n} c_{ji} y_i$, $j = 1, 2, \ldots, k$, o en la notación matricial, $\tilde{\boldsymbol{\theta}} = \mathbf{CY}$.

También, cuando las observaciones son sin errores, $\mathbf{e} \equiv 0$, las ecuaciones $\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\theta}$ deben ser consistentes, así la solución es el valor verdadero de $\boldsymbol{\theta}$ (Sección 2). Por lo tanto, se requiere que $\bar{\boldsymbol{\theta}} = \mathbf{CY} = \mathbf{CX}\boldsymbol{\theta} \equiv \boldsymbol{\theta}$, lo cual implica la condición $\mathbf{CX} = \mathbf{I}$, donde $\mathbf{I}$ es la matriz de identidad $k \times k$.

El teorema clásico de Gauss sobre los mínimos cuadrados es entonces:

Teorema: Entre todos los estimadores $\bar{\boldsymbol{\theta}}$ de $\boldsymbol{\theta}$ los cuales son funciones lineales de las observaciones, $\bar{\boldsymbol{\theta}} = \mathbf{CY}$, tal que $\mathbf{CX} = \mathbf{I}$, donde $\mathbf{I}$ es la matriz de identidad $k \times k$, el error cuadrático medio es un mínimo cuando $\mathbf{C} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'$, esto es, cuando $\bar{\boldsymbol{\theta}} = \hat{\boldsymbol{\theta}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}$, el estimador de los mínimos cuadrados.

Prueba: Los errores cuadráticos medios requeridos, $E(\bar{\theta}_j - \theta_j)^2$, son los elementos diagonales de la matriz $E(\bar{\boldsymbol{\theta}} - \boldsymbol{\theta})(\bar{\boldsymbol{\theta}} - \boldsymbol{\theta})'$. Ponga $\mathbf{A} = \mathbf{X}'\mathbf{X}$, $\mathbf{B} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{X}'$. Puesto que $\mathbf{CX} = \mathbf{I}$, se sigue que $E(\bar{\boldsymbol{\theta}} - \boldsymbol{\theta})(\bar{\boldsymbol{\theta}} - \boldsymbol{\theta})' = \mathbf{CC}'\sigma^2$, y $(\mathbf{C} - \mathbf{B})\mathbf{B}' = 0$, por lo tanto $\mathbf{CC}' = \mathbf{BB}' + (\mathbf{C} - \mathbf{B})(\mathbf{C} - \mathbf{B})'$. Pero los elementos diagonales de una matriz de la forma $(\mathbf{C} - \mathbf{B})(\mathbf{C} - \mathbf{B})'$ son sumas de cuadrados. Así, las sumas de los cuadrados requeridos $\mathbf{CC}'$ serán un mínimo cuando $\mathbf{C} - \mathbf{B} = 0$, por lo tanto $\mathbf{C} = \mathbf{B} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{X}' = (\mathbf{XX}')^{-1}\mathbf{X}'$. Esto da $\bar{\boldsymbol{\theta}} = \hat{\boldsymbol{\theta}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}$, el estimador de los mínimos cuadrados. Además, los errores cuadráticos medios son los elementos diagonales de $\mathbf{CC}'\sigma^2 = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{X}\mathbf{A}^{-1}\sigma^2 = \mathbf{A}^{-1}\sigma^2$, como en la Sección 4.

6.4 En la parte 2, Gauss expresó el parámetro $\boldsymbol{\theta}$ como $\boldsymbol{\theta} = \hat{\boldsymbol{\theta}} - \mathbf{A}^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{e}$, donde $\hat{\boldsymbol{\theta}}$ es el estimador de los mínimos cuadrados de $\boldsymbol{\theta}$. Esto se sigue de $\hat{\boldsymbol{\theta}} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{X}'(\mathbf{X}\boldsymbol{\theta} + \mathbf{e})$, y produce $E(\hat{\boldsymbol{\theta}} - \boldsymbol{\theta})(\hat{\boldsymbol{\theta}} - \boldsymbol{\theta})' = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{X}'E(\mathbf{ee}')\mathbf{X}\mathbf{A}^{-1} = \mathbf{A}^{-1}\sigma^2$, de modo que la covarianza entre $\hat{\theta}_i$ y $\hat{\theta}_j$ es $a^{ij}\sigma^2$, el elemento (i, j) de $\mathbf{A}^{-1}\sigma^2$, aunque no le dio un nombre. De esto, mostró que el estimador de los mínimos cuadrados de una función lineal de los parámetros, $\alpha = \Sigma g_i\theta_i$, o en la notación matricial, $\alpha = \mathbf{G}'\boldsymbol{\theta}$, es la misma función lineal de los estimadores de los mínimos cuadrados, $\hat{\alpha} = \mathbf{G}'\hat{\boldsymbol{\theta}}$, con la varianza $\sigma_{\hat{\alpha}}^2 = \Sigma\Sigma g_i g_j a^{ij}\sigma^2 = \mathbf{G}'\mathbf{A}^{-1}\mathbf{G}\sigma^2$. Esto extiende el dominio de aplicación de los mínimos cuadrados a todas las funciones lineales de los parámetros. Seal (1967) dijo que este resultado se pensó que era nuevo en 1938, (David y Neyman, 1938), donde se describió como una generalización del teorema de Markov (ver Sección 8.3.4).

La ecuación $\boldsymbol{\theta} = \hat{\boldsymbol{\theta}} - \mathbf{A}^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{e}$ expresa el *parámetro* $\boldsymbol{\theta}$ explícitamente como una función de la variable *aleatoria* $\mathbf{e}$. Aunque Gauss no hizo más uso de ella, es posible considerar a $\boldsymbol{\theta}$ como una variable aleatoria, sobre la cual pueden ser hechas afirmaciones de probabilidad sin el uso del teorema de Bayes (Secciones 4, 5). Esto conduce a los conceptos de la probabilidad fiducial, (Fisher, 1973), y la probabilidad estructural (Fraser, 1968).

6.5 Gauss entonces derivó algunos resultados sobre la suma de las desviaciones cuadráticas, $Q = (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\theta})'(\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\theta})$ de la Sección 4. El estimador de los mínimos cuadrados $\hat{\boldsymbol{\theta}}$ hace Q un mínimo. El mínimo resultante es $Q_m = (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\theta}})(\mathbf{Y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\theta}}) = \mathbf{Y}'(\mathbf{Y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\theta}})$; Q_m se llama la suma residual o suma de error de los cuadrados.

Si la componente θ_1 del vector $\boldsymbol{\theta}$ se mantiene constante mientras las componentes $\theta_2, \theta_3, \ldots, \theta_k$ varían, entonces Q puede tomar un valor mínimo relativo Q_r. Gauss mostró que si $(Q_r - Q_m) \leqslant c^2$, entonces $(\theta_1 - \hat{\theta}_1)^2 \leqslant a^{11}c^2 = c^2\sigma_{\hat{\theta}_1}^2/\sigma^2$, donde $\sigma_{\hat{\theta}_1}^2$ es la varianza de $\hat{\theta}_1$, el estimador de los mínimos cuadrados de θ_1. También, si $\alpha = \Sigma g_i\theta_i = \mathbf{G}'\boldsymbol{\theta}$ se mantiene constante, y en otros respectos los θ's se dejan variar, el mínimo relativo correspondiente Q_r de Q es tal que $(Q_r - Q_m) \leqslant c^2$ implica $(\alpha - \hat{\alpha})^2 \leqslant c^2(\mathbf{G}'\mathbf{A}^{-1}\mathbf{G}) = c^2\sigma_{\hat{\alpha}}^2/\sigma^2$ de la Sección 6.4. Gauss no pareció usar estos resultados, pero forman la base de pruebas de la significación moderna en regresión. De hecho, para probar la significación de los valores específicos de un subconjunto de los θ's, el método estándar consiste en calcular la razón $(Q_r - Q_m)/Q_m$ correspondiente. Bajo el modelo lineal con errores e_i normales, ésta es proporcional a una razón F cuyo valor numérico determina el nivel de la significación.

6.6 Supongamos que un valor adicional y_{n+1} se observa, para el cual el vector de los valores de $\mathbf{x}$ es $\mathbf{x} = (x_{(n+1)1}, x_{(n+1)2}, \ldots, x_{(n+1)k})$. Gauss mostró que el estimador de los mínimos cuadrados basado en todas las $(n + 1)$ observaciones es

$$\boldsymbol{\theta}^* = \hat{\boldsymbol{\theta}} - [\mathbf{M}(\mathbf{x}\hat{\boldsymbol{\theta}} - y_{n+1})/(1 + w)],$$

donde $\mathbf{M} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{x}'$, $w = \mathbf{x}\mathbf{A}^{-1}\mathbf{x}' = \mathbf{x}\mathbf{M}$ (que es una cantidad escalar), y $\hat{\boldsymbol{\theta}}$ es el estimador de los mínimos cuadrados basado en las n observaciones originales. Mostró también que la matriz de covarianza de $\boldsymbol{\theta}^*$ es

$$\mathbf{A}^*\sigma^2 = [\mathbf{A}^{-1} - \mathbf{MM}'/(1 + w)]\sigma^2,$$

y la nueva suma mínima de los cuadrados es

$$Q'_m = Q_m + (\mathbf{x}\hat{\boldsymbol{\theta}} - y_{n+1})^2/(1 + w).$$

Estas fórmulas permiten la incorporación de una nueva observación sin tener que calcular de nuevo el estimador, su varianza, y la suma mínima resultante de los cuadrados del conjunto complejo de las ecuaciones de los mínimos cuadrados. Esto es, los resultados $\hat{\boldsymbol{\theta}}$, $\mathbf{A}^{-1}$, y Q_m de los cálculos ya hechos con las n observaciones originales pueden usarse en las fórmulas simples de arriba para obtener las cantidades revisadas $\boldsymbol{\theta}'$, $\mathbf{A}^{-1}$, y Q'_m basadas en todas las observaciones, sin tener que invertir otra vez una matriz.

Estos resultados forman la base de los mínimos cuadrados recursivos. Fueron obtenidos por Young (1974, ecuación 11), quien los atribuyó a Plackett (1950). Plackett consideró el caso general donde las observaciones adicionales ocurren en conjuntos de $s > 1$, y citó a Gauss por haber presentado las fórmulas necesarias mencionadas arriba. Young (1974) también describe las aplicaciones de los métodos recursivos al problema de la estimación de la órbita de la Misión Apolo. Según Young, estos métodos recursivos, no sólo iniciados sino desarrollados considerablemente por Gauss, juegan un papel importante en las misiones espaciales de hoy.

6.7 Las últimas secciones de la Parte 2 tratan de la estimación de la cantidad σ que ocurre en todas las fórmulas anteriores. El método usualmente empleado hasta entonces conduciría a $\sqrt{Q_m/n}$ como el estimador de σ. Gauss notó que $\sqrt{Q_m/n}$ es demasiado pequeño como un estimador de σ puesto que, si $\boldsymbol{\theta}$ fuera conocido, el estimador de σ sería $\sqrt{Q/n}$, y $Q_m < Q$, a menos que $\boldsymbol{\theta} = \hat{\boldsymbol{\theta}}$. Mostró que $E(Q_m) = (n - k)\sigma^2$, y así recomendó usar $\hat{\sigma} = \sqrt{Q_m/(n - k)}$ como el estimador de σ. También calculó su error estándar, y notó que cuando los e_i's tienen la distribución normal, este error estándar es el error estándar de la suma de (n-k) errores independientes de e_i. Esto se relaciona con los resultados distribucionales en la teoría de la regresión donde los errores e_i se asumen tener una distribución normal.

6.8 El Suplemento trata de la estimación de los mínimos cuadrados cuando hay restricciones sobre los parámetros. Específicamente, Gauss asumió que $\mathbf{X} = \mathbf{I}_n$, de modo que hay n parámetros $\xi_i = \theta_i$, n observaciones $y_i = \xi_i + e_i$, y r restricciones lineales $\sum_{i=1}^{n} f_{kr}\theta_i = 0$, $k = 1, 2, \ldots, r$, o en la notación matricial, $\mathbf{F}\boldsymbol{\theta} = 0$. Entonces, entre las funciones lineales, el estimador $\hat{\alpha} = \sum g_i \theta_i^*$ es el estimador con el error cuadrático medio mínimo de $\alpha = \sum g_i\theta_i$ si los θ_i^*'s son los estimadores de los mínimos cuadrados de los θ_i's bajo las restricciones $\mathbf{F}\boldsymbol{\theta} = 0$. Además, el estimador correspondiente de σ es $\hat{\sigma} = \sqrt{Q_m/r}$.

Este método permite fácilmente tratar con el modelo general $\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\theta} + \mathbf{e}$ de las secciones anteriores bajo las restricciones $\mathbf{F}\boldsymbol{\theta} = 0$. Eso forma la base del análisis de varianza discutido hoy en los diseños experimentales.

7. Otras contribuciones de Gauss (1803-1809, 1816, 1823b, 1824)

En la segunda de estas contribuciones (1816), él determinó el estimador de máxima verosimilitud $\hat{h}$ de la precisión $h = 1/\sqrt{2}\sigma$ de la distribución normal. Obtuvo los intervalos de probabilidad de 50% del error probable, $.6744897\sigma$, mediante el uso de una aproximación normal a la distribución de $S_k = \sum |e_i|^k$, $k = 1,2,\ldots,6$. El artículo es interesante particularmente porque mostró que el estimador obtenido en S_2 es el más preciso en el sentido de que produce el intervalo de 50% más corto. Con S_2, 100 errores observados e_i producen la misma precisión (esto es, el intervalo de probabilidad de 50% de la misma anchura) que 114 errores observados con S_1, 109 con S_3, 103 con S_4, 178 con S_5, y 251 con S_6.

Fisher (1920) redescubrió estos hechos, y aisló la propiedad de la suficiencia, mediante la cual S_2 puede decirse que contiene toda la información de la muestra sobre σ en la distribución normal, es decir, S_2 es suficiente para la estimación de σ en la distribución normal. En el mismo caso (Sección 4), el estimador de los mínimos cuadrados $\hat{\boldsymbol{\theta}}$, que es el estimador de máxima verosimilitud, es suficiente para $\boldsymbol{\theta}$, y por lo tanto contiene toda la información de la muestra sobre $\boldsymbol{\theta}$.

El último (1824) de los artículos de arriba es interesante como un ejemplo de los mínimos cuadrados ponderados. Los errores estándares σ_i de los errores e_i se asumieron proporcionales a la raíz cuadrada del tiempo que transcurre entre dos observaciones en el problema de determinar la longitud mediante un cronómetro.

8. Discusión

8.1 La única manera en que los libros de texto de estadística agregan algo a la teoría anterior de Gauss es en las pruebas específicas de la hipótesis lineal $\mathbf{C\theta} = 0$, y en la teoría exacta correspondiente de las distribuciones asociadas con errores que tienen la distribución normal, esto es, las distribuciones t de Student, F, y χ^2.

8.2 Vale la pena hacer notar las diferencias en la generalidad entre los dos métodos de las Secciones 4 y 6 de los mínimos cuadrados. El primero es más restrictivo por el hecho de que los errores e_i deben tener la distribución normal, pero a su vez tiene un marco más amplio puesto que permite la consideración de cualesquiera funciones $\xi_i(\boldsymbol{\theta})$. El último método es más general por el hecho de que los errores pueden tener cualquier distribución $f(e)$ con media cero y varianza finita, pero es más limitado puesto que restringe la atención a las funciones $\boldsymbol{\xi} = \mathbf{X\theta}$ que son lineales (aproximadamente) en $\boldsymbol{\theta}$.

8.3 La presentación moderna de la estimación difiere de la de Gauss discutida anteriormente en varios aspectos desafortunados.

8.3.1 Gauss justificó la restricción a los estimadores lineales mediante la suposición de que los errores eran suficientemente pequeños de modo que sus cuadrados y potencias más altas pudieran ignorarse. Las aplicaciones de Gauss fueron en los tópicos de la astronomía y en la geodesia donde las medidas tienen un alto grado de precisión. Al contrario, los libros de texto de estadística modernos utilizan frecuentemente los estimadores lineales solo por conveniencia matemática y no por causa de las propiedades científicas de las observaciones.

8.3.2 Gauss subrayó que el criterio del error cuadrático medio es arbitrario. Pero, note que bajo la condición de que los errores e_i sean suficientemente pequeños, de modo que los estimadores pueden ser lineales, entonces cualquier función de pérdida puede aproximarse localmente por el error cuadrático medio. Sin embargo, muchas presentaciones modernas ponen demasiado énfasis en el criterio del error cuadrático medio, elevándolo a la categoría de un concepto básico en la teoría de la estimación estadística. Ver, por ejemplo, Berkson (1980).

8.3.3 La condición $\mathbf{CX} = \mathbf{I}$ de la Sección 6.3 es una condición de *consistencia*, y puede llamarse la condición de consistencia del error. Esto la distingue de otros criterios de consistencia, como el de consistencia de Fisher. El objeto de los criterios de consistencia es identificar el parámetro que se estima. Esto es, $\hat{\theta}$ debe estimar θ, y no alguna otra función $g(\theta)$. Por ejemplo, $s = \sqrt{\Sigma(x_i - \bar{x})^2/n}$ estima σ, y no σ^2 ó $1/\sigma$; $1/\sigma$ se estima por $1/s$, y no por s ó s^2.

Sin embargo, la condición $\mathbf{CX} = \mathbf{I}$ se interpreta usualmente para implicar que Gauss buscaba los estimadores *insesgados*, $E(\hat{\theta}) = \theta$. Puesto que $\mathbf{CX} = \mathbf{I}$ implica que el estimador $\hat{\boldsymbol{\theta}}$ es insesgado ($E(\hat{\boldsymbol{\theta}}) = E(\mathbf{CY}) = E(\mathbf{CX\theta} + \mathbf{Ce}) = \mathbf{CX\theta} = \boldsymbol{\theta}$), el estimador de los mínimos cuadrados es por cierto insesgado. Pero, la necesidad de insesgamiento no es en general razonable, porque hay ejemplos donde todos los valores que toma el estimador insesgado *único* son imposibles. Por ejemplo, suponga que artículos tales como bulbos electrónicos fallan de acuerdo a un proceso de Poisson a razón λ, y que 3 fallas se han observado en una unidad de tiempo. Entonces, el estimador insesgado único de $\theta = \exp(-4\lambda)$, el cual es la probabilidad de que un artículo especificado tenga una duración mayor de 4 unidades de tiempo, es -27. Puesto que cualquier probabilidad debe estar entre 0 y 1, este estimador toma un valor imposible y por lo tanto es absurdo. Además, puesto que no hay otro estimador insesgado, esta dificultad es solamente el resultado de requerir que el estimador sea insesgado. Tales ejemplos no son raros.

El que Gauss no buscara los estimadores insesgados parece evidente por el hecho de que el estimador $\hat{\sigma}$ de σ de la Sección 6.7 sugerido por Gauss no es insesgado.

8.3.4 La teoría presentada anteriormente se conoce usualmente como la teoría de Gauss-Markov. Pero parece que Markov no produjo nada nuevo sobre los mínimos cuadrados. Su nombre se asocia con la teoría aparentemente porque su prueba de 1912 fue pensada como original por Neyman (1934), ver Plackett (1949), Seal (1967), aunque en la discusión del artículo de Neyman, Fisher indicó la prioridad de Gauss.

8.4 Hay varios desarrollos modernos en la teoría de Gauss que tienen utilidad dudable. Uno es la estimación mediante el error cuadrático medio mínimo. Otro es la teoría de los mejores estimadores lineales insesgados o BLUES (en inglés, *best linear unbiased estimates*). Y otro es la teoría de la estimación insesgada con varianza uniformemente mínima o UMVU (en inglés, *uniformly minimum variance unbiased*). Las dificultades con éstos son las siguientes.

a) No es posible en general minimizar el error cuadrático medio, u otra función de pérdida,cuando se dan solamente la función de pérdida, las observaciones, y su distribución, Barnard (1977). Por lo tanto, una teoría basada solamente en el error cuadrático medio mínimo no puede obtenerse. Esta es tal vez la razón de que las condiciones de linealidad o insesgamiento se imponen, las cuales conducen a los estimadores BLUES y UMVU.

b) La necesidad de la linealidad o el insesgamiento es en general demasiado restrictiva, puesto que puede dar lugar a estimaciones que toman valores imposibles, como se ejemplificó anteriormente.

c) Si $\hat{\theta}$ es un estimador insesgado de θ, $g(\hat{\theta})$ no es en general un estimador insesgado de $g(\theta)$, a menos que $g(\theta)$ sea lineal en θ.

d) La varianza no es una medida adecuada de la precisión de un estimador $\hat{\theta}$, a menos que $\hat{\theta}$ tenga la distribución normal, Fischer (1935, pp. 46, 82; 1973, p. 158). Ver Sprott y Viveros (1984, 1985).

8.5 Los desarrollos más importantes de la teoría de Gauss parecerían ser la teoría de la decisión y la teoría de la estimación de R.A. Fisher. Estas son discutidas por Sprott y Viveros (1984). En el método de máxima verosimilitud (Sección 5.4) los dos objetivos de Gauss son, en cierto sentido, reconciliados, Fisher (1936, p. 249). En lugar de maximizar las probabilidades de θ, todas las cuales son infinitamente pequeñas, como Gauss objetó (Sección 5.4), máxima verosimilitud maximiza una nueva medida de incertidumbre llamada verosimilitud, la cual no es infinitamente pequeña. Además minimiza, por lo menos asintóticamente, el error cuadrático medio (o varianza). Ver Sprott (1984). Como se discutió anteriormente, cuando los errores tienen la distribución normal, la estimación de máxima verosimilitud es también la estimación de los mínimos cuadrados (Secciones 5.4, 7); así cuando las funciones son lineales, maximiza exactamente los errores cuadráticos medios. Tal método conduce a las consideraciones de la consistencia (Sección 8.3.3), la suficiencia (Sección 7), la verosimilitud (ver Sprott 1984), y los conceptos relacionados, en lugar del sesgo, la varianza, y los errores cuadráticos medios.

Un desarrollo reciente es el análisis del modelo lineal de Gauss donde los errores e_i se supone que tienen cualquier distribución *específica*. Esto se relaciona con la inferencia condicional y los estadísticos auxiliares, métodos y conceptos desarrollados

Angelo Altieri Megale

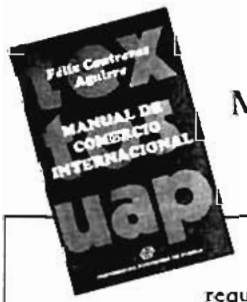
LOS PRESOCRATICOS

Cualquiera que haya intentado enseñar filosofía griega presocrática en los propios fragmentos, sabe que la comparación entre distintas versiones constituye una inestimable ayuda para desarrollar en los estudiantes la clara conciencia de que el mundo griego es vertido al español de muy diversas maneras. Esta es una razón adicional para ver en esta nueva versión un aporte más a la comprensión del pensamiento de los fundadores de la filosofía.

Gelasio Aguilar

ADSORCION Y CATALISIS

El objetivo fundamental del libro consiste en describir en forma accesible las teorías básicas del fenómeno de la adsorción y los métodos experimentales clásicos para el estudio de las propiedades de los absorbentes y catalizadores. Asimismo, examinar el fenómeno catalítico sobre los cuerpos sólidos (catálisis heterogénea).



Félix Contreras Aguirre

MANUAL DE COMERCIO INTERNACIONAL

Por su expresión didáctica, éste es un libro destinado a cubrir no sólo los requerimientos de la academia sino también las inquietudes del lector no especializado. Están aquí desde los conceptos más elementales hasta los pasos específicos del comercio exterior: distintos códigos tanto para el comprador como para el vendedor, cuadros y ejemplos ilustrativos, etc.

Jorge Bouton

EL SINTOMA Y EL SIGNO

2 Tomos

Esta obra, destinada a estudiantes de medicina del nivel clínico, es esencialmente didáctica para la enseñanza- aprendizaje de la clínica cotidiana. Ha sido escrita prácticamente sin bibliografía y sobre la base de una larga experiencia de 30 años en la docencia médica.

Toma como base la clínica —el signo y el síntoma— como "lenguaje fenoménico" de la enfermedad y su cronología, ordenación y jerarquización como orientación diagnóstica.

por Fisher (1934; 1973, pp. 165-169). Los detalles pueden encontrarse en Barnard y Sprott (1977), y también desde un punto de vista diferente, en Fraser (1968).

9. Conclusión

Una medida de la amplitud y la influencia de las contribuciones de Gauss a la estadística es el hecho de que sus contribuciones han conducido a la teoría de la decisión estadística, Wald (1971); al diseño y análisis experimentales, Fisher (1966); y a una teoría de la estimación estadística, Fisher (1973). Aunque la aplicación práctica de la teoría de la decisión estadística tal vez no es muy dramática, las aplicaciones prácticas de los diseños experimentales y de la teoría de la estimación estadística desarrollados por Fisher están fuera de duda. Los diseños experimentales de Fisher explotan totalmente las propiedades del modelo lineal de Gauss y los mínimos cuadrados. Ambos, con la teoría general de la inferencia estadística de Fisher, forman una estructura lógica muy interesante de la experimentación y la inferencia estadística que tiene un uso práctico inmenso. Es muy importante subrayar que las investigaciones teóricas de Gauss fueron respuestas a problemas *prácticos*. Por lo tanto, todas sus contribuciones a la estadística muestran una mezcla entre la teoría y la aplicación la cual es poco vista en nuestros días.

Reconocimientos

Quiero agradecer al Dr. R. Viveros por leer las versiones preliminares de este artículo, y por sugerencias provechosas.

Referencias

[1] Aczel, J. (1976), *Lectures on functional equations and their applications*, Academic Press, New York.

[2] Barnard, G.A. (1977), "On ridge regression and the general principales of estimation", *Utilitas Math*, núm. 11, pp. 299-311.

[3] Barnard, G.A. y Sprott, D.A. (1977), "Theory of estimation", *University of Waterloo Technical Reports*.

[4] Bayes, T. (1763), "Essay towards solving a problem in the doctrine of chances", *Phil. Trans. Roy. Soc.* núm. 53, pp. 370-418. Reproducido con una nota bibliográfica por G.A. Barnard en *Biometrika* núm. 59 (1958), pp. 293-315.

[5] Berkson, J. (1980), "Minimum chi-square, not maximum likelihood" (con discusión), *Ann. Statist.* núm. 8, pp. 457-487.

[6] Bertrand, J. (1855), *Métode des moindre carrés. Mémoires sur la combinaison des observations, par Ch. Fr. Gauss*. Traduits en francais et publiés avec l'autorisation de l'auteur. Mallet-Bachelier, Imprimeur-Libraire de l'Ecole Polytechnique, du Bureau des Longitudes, Quai des Augustins, núm. 55, Paris.

[7] David, F. N. y Neyman, J. (1938), "Extension of the Markov theorem on least squares", *Statist. Res. Mem.* núm. 2, pp. 105-116.

[8] Edwards, A.W.F. (1974), "The history of likelihood", *Int. Statist. Rev.* núm. 42, pp. 9-15.

[9] Fisher, R.A. (1920), "A mathematical examination of the methods of determining the accuracy of an observation by the mean error and by the mean square error", *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* núm. 80, pp. 758-770.

[10] Fisher, R.A. (1922), "On the mathematical foundations of theoretical statistes", *Phil. Trans. Roy. Soc. A* núm. 222, pp. 309-368.

[11] Fisher, R.A. (1925), "Theory of statiscal estimation", *Proc. Cambridge Phil. Soc.* núm. 22, pp. 700-725.

[12] Fisher, R.A. (1934), "Two new properties of mathematical likelihood", *Proc. Roy. Soc. London Ser. A* núm. 144, pp. 285-307.

[13] Fisher, R.A. (1935), "The logic of inductive inference" (con discusión), *Jour. Roy. Statist. Soc.* núm. 98, pp. 39-82.

[14] Fisher, R.A. (1936), "Uncertain inference", *Proc. Amer. Acad. Arts and Sciences*, núm. 71, pp. 245-258.

[15] Fisher, R. A. (1959), "Natural selection from the genetical standpoint", *Aust. J. Sci.* núm. 22, pp. 16-17.

[16] Fisher, R.A. (1966), *Design of experiments*, Oliver and Boyd, 8'th ed., Edinburgh.

[17] Fisher, R.A. (1973), *Statistical methods and scientific inference*, Hafner Press, New York.

[18] Fraser, D.A.S. (1968), *The structure of inference*, Wiley, New York.

[19] Gauss, C.F. (1809), *Theoria Motus Corporum Coelestium*, *Werke* 7, traducido al inglés por C.H. Davis (1963) Dover, New York.

[20] Gauss, C.F. (1821, 1823a, 1826), "Theoria combinationis observationum erroribus minimis obnoxiae", Partes 1, 2, y Suplemento, *Werke* 4, pp. 1-108.

[21] Gauss, C.F. (1803-1809), "Disquisitiones de elementis ellipticis Pallidis", *Werke* 6, pp. 1-24.

[22] Gauss, C.F. (1816), "Bestimmung der Genauigkeit der Beobachtungen", *Werke* 4, pp. 109-117.

[23] Gauss, C.F. (1823b), "Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf eine Aufgabe der praktischen Geometrie", *Werke* 9, pp. 231-237.

[24] Gauss, C.F. (1824), "Chronometrische Langenbestimmungen", *Astronomische Nachrichten* núm. 4, 227.

[25] Neyman, J. (1934), "On two different aspects of the representative method" (con discusión), *J. Roy. Statist. Soc.* núm. 97, pp. 558-625.

[26] Plackett, R.L. (1949), "A historical note on the method of least squares", *Biometrika*, núm. 36, pp. 458-460.

[27] Plackett, R.L. (1950), "Some theorems on least squares", *Biometrika* núm. 37, pp. 149-157.

[28] Plackett, R.L. (1972), "Studies in the history of probability and statistics XXIX. The discovery of the method of least squares, *Biometrika*, núm. 59, pp. 239-251.

[29] Seal, H.L. (1967), "Studies in the history of probability and statistics XV. The historical development of the Gauss linear model", *Biometrika* núm. 62, pp. 1-24.

[30] Sprott, D.A. (1978), "Gauss's contributions to statistics", *Historia mathematica* núm. 5, pp. 183-203.

[31] Sprott, D.A. (1983), "Gauss, Carl Friedrich", *Encyclopedia of statistical sciences*, vol. 3, pp. 305-309. Kotz y Johnson, eds. Wiley & Sons, New York.

[32] Sprott, D.A. (1984), "Likelihood and maximum likelihood estimation", *Mathematical Reports of the Academy of Science, Royal Society of Canada* núm. 6, pp. 225-242.

[33] Sprott, D.A. y Viveros, R. (1984), "The interpretation of maximum likelihood estimation", *Canad. Jour. Statist* núm. 12, pp. 27-38.

[34] Sprott, D.A. y Viveros, R. (1985), "The estimation of ratios and related quantities", *Contributions to Economics and Statistics Today*, pp. 242-251. Schneeweiss y Strecker, eds. Springer-Verlag, Berlin.

[35] Trotter, H.F. (1957), "Gauss's work on least squares", based on the french translation by Bertrand (1855) authorized and approved by Gauss, (Fotocopiado), *Dept. Sci. & Tech., Firestone Library*, Princeton Univ.

[36] Wald, A. (1971), *Statistical decision functions*, Chelsea Pub. Co., New York.

[37] Young, P. (1974), "Recursive approaches to time series analysis", *Bull. Inst. Math. and its Application* núm. 10, pp. 209-224.

RESEÑA HISTORICA DE LA ESTADISTICA

Rodolfo Cortés Riveroll
Antonio Cruz López
Ignacio Hermoso Núñez*

30·10·85

Introducción

El personal dedicado a la atención para la salud no debe permanecer a la zaga en el uso de las matemáticas. Muchos de nosotros, inmersos en las disciplinas médicas, parecemos huir ante los planteamientos estadísticos; sin embargo, este pretendido escape debe orientarnos a la formación que actualmente, y debido a los adelantos científicos y tecnológicos de nuestra ciencia, requiere todo profesional que se precie de serlo.

Los elementos estadísticos han sido utilizados desde épocas remotas y su uso ha permitido orientar y tomar decisiones trascendentales en la historia de la humanidad. Esta revisión histórica de la estadística tiene como objetivo interesar al personal de salud en un conocimiento indispensable para su práctica diaria en el manejo adecuado del proceso salud-enfermedad.

"Quien no conoce la historia, está condenado a repetirla."

La estadística en la historia universal

Las operaciones de contar y agrupar objetos, datos, sistemas, etc., son un proceso tan intrincado que, de todos los seres de la tierra, sólo el hombre puede hacerlo. Los primeros hombres probablemente formaron números con sus dedos, como todavía lo hacen algunos pueblos primitivos.

*Comité de Investigación; Escuela de Medicina, Universidad Autónoma de Puebla.

A medida que la sociedad fue evolucionando, el hombre tuvo que hacer cálculos bastante complicados que comprendían: suma, resta, multiplicación y división; y gracias a los medios de que se valió progresaron más.

En la época de los antiguos griegos ya se utilizaban los calculadores mecánicos, y en los dos mil años transcurridos desde entonces, se han desarrollado una colección de máquinas de cálculo cada vez más complicadas, siendo su culminación el computador electrónico, ese maravilloso "cerebro" que puede resolver problemas matemáticos en una fracción de segundo. En realidad puede haber algo de verdad en la discutida afirmación del gran matemático y filósofo Augusto Comte: "no hay investigación que no sea finalmente reductible a un problema de números".

ANALES

MINISTERIO DE FOMENTO

REPÚBLICA MEXICANA

TOMO VI

En todas partes del mundo en las cuales se llegó a constituir alguna fuerza humana y a través de ésta a formar colectividades, fue necesario recurrir al número y hacer recuentos que en un principio fueron rudimentarios, pero que llegaron a ser de suma importancia para su época.

Quizá la interpretación más antigua que se tiene sobre la estadística, sea la referente a los números de Nuraghi, antiquísimos monumentos de Las Ardenas en Bélgica, que datan de 40 siglos antes de nuestra era y que muestran algunos símbolos cuyos resultados se refieren a estadísticas de agricultura y caza.

Hace 50 siglos aproximadamente, a las civilizaciones de Oriente Medio, babilonios y egipcios, les eran sumamente útiles la estadística y las matemáticas, que siempre se encontraron íntimamente ligadas. De esta manera los astrónomos calcularon los movimientos del sol y de la luna para poder diferenciar las estaciones y llevar la cuenta de las cosechas y festividades. Los hombres aprendieron a medir y contar de tal forma que pudieron comerciar los productos y medir los rebaños.

Con la geometría podía calcularse el volumen de un granero, con la aritmética el valor del grano que contenía y con la estadística la cantidad, calidad y variación que se les podía dar a los granos. "En Egipto —escribió Herodoto— la tierra se repartía asignando a cada hombre trozos cuadrados de terreno de un mismo tamaño, entre los que pagaban su renta; si la tierra se inundaba, se calculaba su pérdida y pagaban renta en proporción al tamaño de su tierra." Es así como entre los antiguos, los egipcios dejaron un

MEMORIA

SOBRE LA POBLACION DEL REINO

DE NUEVA ESPAÑA

ESCRITA

POR DON FERNANDO NAVARRO

Noriega, Contador general de los ramos de Arbitrios de este reino

MÉXICO 1820.

En la oficina de D. Juan Bautista de Arizpe

recuerdo impresionante de realizaciones practicadas: eran fuertes en geometría, tenían fórmulas sencillas para hallar el volumen de un sólido, como una pila de granos, y un gran análisis basado en el cálculo para llenar los cestos y así poder transportarlos.

Cuando los primitivos griegos invadieron el sur de la península balcánica y subyugaron a las civilizaciones de Oriente Medio, pasaron a heredar el saber matemático que se había estado acumulando durante siglos; los fascinó y amedrentó, pero también los dejó insatisfechos con su escepticismo y razón. Los griegos, por primera vez, formularon conscientemente los dos procesos mentales vitales para el progreso matemático-estadístico: "la abstracción y la demostración".

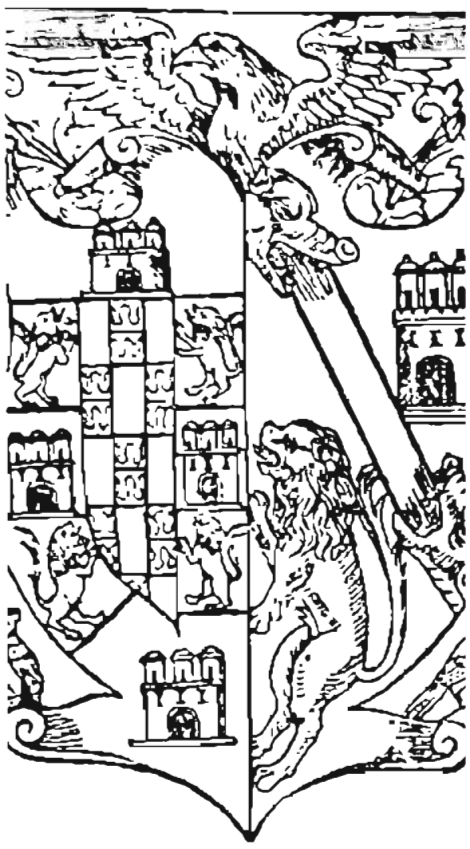
La demostración es el arte de argumentar desde las premisas hasta la conclusión, de forma tal que no se pueda encontrar ningún error en ninguna etapa del argumento. Los griegos distinguieron entre dos clases de premisas: las premisas generales que llamaron axiomas, y las premisas específicas de las matemáticas a las que denominaron postulados; pero a fin de poder disponer de premisas para empezar, invocaron otro proceso mental denominados inducción.

En Roma, la organización del Estado se perfecciona en todos los órdenes y en ello influye la estadística, cuya base queda establecida con el *census*, doble investigación practicada regularmente sobre los ciudadanos y sobre sus bienes. A esta clase de estadística, practicada de tiempo en tiempo, se le agregaban las permanentes, que eran llevadas con regularidad, de los nacimientos y las defunciones. "La declaración de los nacimientos se establece como obligación legal en tiempo de los Antoninos, y había que hacerla en el templo de Saturno al prefecto del erario, en un lapso no mayor de 30 días."

Las operaciones censales se practicaban en todos los dominios de Roma, entre ellos Siria, siendo Augusto el emperador que puso gran empeño en la ejecución de los censos del imperio.

La civilización árabe fue la heredera de las prácticas estadísticas, que posteriormente se prepararon bajo el gobierno de Carlomagno, para ser utilizadas con fines administrativos y financieros.

En Asiria, en tiempos del rey Sargón I se hacían estadísticas según los documentos encontrados en la biblioteca de ese monarca. En la Biblia podemos encontrar algunas estadísticas, como la realizada después del éxodo; en este censo que realizaron los hebreos se superó en gran número a los anteriores. La China milenaria realizó genuina estadística agraria, industrial y comercial bajo el reinado de Yao, según lejanos recuerdos que se conservan en aquel país y que consignó Confucio en su *Chu-king*, cinco siglos antes de Cristo.



Por orden de Guillermo el Conquistador, se inicia el levantamiento del catastro en Inglaterra después del año 1000, con su importantísimo documento estadístico-administrativo: el *Liber censualis*.

La Iglesia no descuida la estadística, de la que se sirve introduciendo el registro en forma facultativa de los matrimonios, nacimientos y defunciones, al cual da el carácter de obligatorio a partir del Concilio de Trento.

En tanto que el Estado emprende por su parte la preparación en forma administrativa de la estadística, se realiza simultáneamente otra forma preparatoria en el campo de las letras debido a filósofos, geógrafos, políticos y agrarios. Herodoto, Sócrates, Plinio y Flegón, son hombres que se adelantaron al futuro en estudios de esta índole.

En los siglos de ignorancia que siguieron, gran parte de los tesoros matemático-estadísticos se perdieron, pero se conservó lo suficiente para que los intelectuales de la última parte de la Edad Media, de nuevo lanzados a la investigación científica, desenterrasen a los clásicos antiguos y los tradujeran a muchas lenguas.

En 1665 y 1666, el incomparable Isaac Newton realizó una prodigiosa creación mental, denominada en la actualidad cálculo, que por primera vez permitió el análisis matemático de todo movimiento y cambio.

Además de la certeza de la muerte y del pago de impuestos, pocos aspectos de nuestra vida eluden la influencia de la probabilidad: un agrupamiento impresumible de genes determina nuestra constitución física; un encuentro imprevisto puede decidir la persona que se elija para el matrimonio o para un empleo; un paso en falso inadvertido puede llevarnos al hospital. . . Incapaces de controlar la posibilidad, hacemos lo mejor posible para predecirla; sazonamos nuestra charla con adverbios de contingencia: normalmente. . ., probablemente. . ., tal vez. . ., etc. Cada vez que contemplamos un suceso que todavía no se ha convertido en un hecho, automáticamente realizamos una estimación de su probabilidad.

Al servir a la ciencia y a los negocios, las matemáticas de la probabilidad han alcanzado un estado muy

LIBRO

De quentas, y

REDVCCIONES

de plata y oro, y otras tablas faciles y prouechosas, para la contratacion desta Prouincia de Guathemala.

PARA CVYO EFECTO

fueron hechas por Don Alluaro de Fuentes y de la Cerda Vezino della.

Con licencia y privilegio.

EN MEXICO.

En casa de la Imprenta de Iuan Ruyz. Año de M. DC. XV.

de probabilidad se reconoció y utilizó primero por el matemático Abraham de Moivre, francés que había huido a Inglaterra después de la revocación del Edicto de Nantes en 1685. Luego fue desarrollada por la máxima autoridad matemática del siglo XIX, Carl Friedrich Gauss. Para representar la curva, Gauss escribió una ecuación que es de notoria utilidad al científico, ya que está construida en términos de los factores que intervienen en las situaciones experimentales.

Durante esta época el matemático suizo Bernoulli realizó importantes contribuciones en el campo de la probabilidad, incluyendo la distribución binomial.

Un nuevo concepto de la estadística empieza a precisarse a mediados del siglo XVIII, al cual le corresponde una función descriptiva del estado. Surgen como innovadores Horman Conrin, elaborador de un sistema del cual arranca la orientación que se conoció como estadística universitaria, y Vito de Seckendorf, que reaccionó contra la literatura idealista imperante a la sazón, declarándose en favor de la enseñanza de sus alumnos mediante los trabajos prácticos y experimentales.

Al genio del sabio belga Adolfo Quetelet (1796-1874) se debe la estadística moderna, animada de un doble sentido teórico y práctico y de la cual se le llama "el Padre". En el cálculo de probabilidades, Quetelet basó la investigación numérica y originó con ello el "método estadístico", del cual se sirvió dándole carácter científico. Tuvo como continuadores a Francisco Gelton y a Carlos Pearson, y sus aplicaciones se extendieron a diversas ramas de la ciencia como resultado de tal proceso, llegándose a una completa

superior al de sus orígenes. La teoría de la probabilidad se inspiró en las preguntas de los jugadores que buscaban alguna información interna para ganar en las cartas o en los dados. Tartaglia y Cardano presentaron sagaces análisis de los problemas del juego, pero su trabajo, tal vez demasiado relacionado con el juego para los matemáticos y demasiado matemático para los jugadores, fue olvidado en gran parte. La probabilidad en la forma que la conocemos actualmente fue propugnada por un trío de franceses a mediados del siglo XVII; un noble de elevada posición, el Caballero de Meré, y dos matemáticos esporádicos, Blaise Pascal y Pierre de Fermant.

En la probabilidad estadística, el problema es escoger una muestra experimental bien seleccionada y después hacerla corresponder con la probabilidad que con precisión representa el todo por estudiar. Un instrumento básico que la estadística utiliza al investigar cosas desconocidas es la curva denominada "curva de distribución normal", la cual se muestra o representa en cualquier tipo de análisis estadístico en variedades innumerables. La curva

VIDA

DEL VENERABLE

P. Y EXEMPLARISSIMO VARON, EL M.

F. DIEGO BASALENQVE,

PROVINCIAL QVE FVE DE LA PROVINCIA

DE SAN NICOLAS DE MEXICO,

De la Orden de N. P. San Agustin.

ESCRITA

POR EL PADRE MAESTRO

Fr. Pedro Salguero, Definidor de esta misma Provincia.

Ilustraciones tomadas de *Historia de la Ciencia en México*, de Elías Trabulse, FCE-CONACYT, 1984.

separación entre la estadística metodológica y la aplicada; desarrollándose con disciplinas tan importantes como la antropología, la biometría, la econometría, la estadística moral, la mecánica estadística y la psicometría.

La vida moderna con todas sus manifestaciones se halla comprendida dentro del extenso radio de la estadística, y ésta se vuelve más enciclopédica, se universaliza y sigue evolucionando.

La estadística en México

Las primeras noticias que se tienen de la utilización de la técnica estadística del periodo prehispánico provienen de los códices, monumentos y leyendas relativos a los primeros pueblos indígenas que llegaron al gran valle del Anáhuac. Es por esto que la primera referencia al respecto data de la segunda migración de tribus chichimecas que vinieron al valle y se asentaron en las riberas de la laguna, en donde se establecieron por algún tiempo las ciudades de México y Texcoco. Con respecto a la primera emigración —año 620 de la era cristiana— no se tiene aún apreciación cuantitativa del número de integrantes. En relación con la segunda emigración, se dice que ésta atravesó la Sierra Madre Occidental para invadir Guadiana, Zacatecas, Comanja y Querétaro. Según el jeroglífico que muestra este hecho, hay referencia cuantitativa, ya que consiste en una mano contando piedras pequeñas encima de un cerro (Nepohualco o contadero). Llegaron 3 200 000 personas que eran los componentes de las huestes de Xólotl, integradas por chichimecas, cuextecas y otomíes.

Los aztecas, que formaban un estado guerrero y comercial, hacían minuciosas estadísticas permanentes que servían de base a su organización para el control de los tributos. De igual forma, en los códices escritos antes de la conquista se encuentran datos estadísticos sobre el cultivo de algunos productos agrícolas; en tales informaciones se precisa que la producción media de cacao en tiempos del emperador Moctezuma era de 49 000 kilogramos.

En la época colonial, se efectuaron trabajos estadísticos por parte de las autoridades españolas sobre censos locales: "Testimonio de Indios", "Instrucciones y Pueblos de Indios", etc. Se tienen informes de que durante la época colonial y hasta el virrey conde de Revillagigedo, se levantaron siete censos generales, pero sus resultados no fueron publicados, considerándose esto como un secreto de Estado.

Durante el siglo XIX el barón Von Humbolt realizó y publicó investigaciones estadísticas sobre aspectos geográficos, demográficos y económicos del país, publicados en: "Las tablas estadísticas" y en el "Ensayo político de la Nueva España".

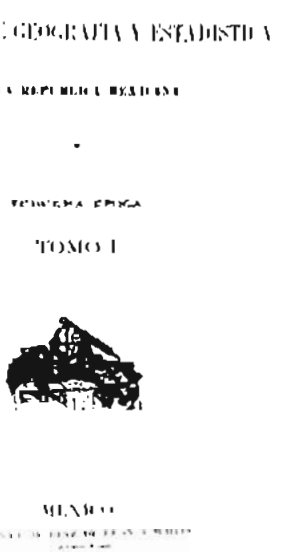
Entre las entidades relevantes en el siglo XIX, cabe citar a las siguientes:

- Oficina de Propios, encargada en 1831 de la formación de la estadística nacional.
- Instituto de Geografía y Estadística, fundado en 1833.
- El 30 de septiembre de 1839 se creó la Comisión de Estadística.
- Ministerio de Fomento, creado en abril de 1853.
- El 6 de agosto de 1867, el gobierno de Juárez crea el Ministerio de Hacienda, una sección especial con el fin de formar la estadística fiscal.
- Departamento de la Estadística Nacional, que fue creado el 9 de enero de 1923 y que se encargaría de elaborar las estadísticas oficiales del país.

Por lo que respecta al trabajo censal, debe mencionarse que en México se han realizado 10 censos generales de población, siendo el primero en 1895 y el último en 1980.

La estadística en las ciencias médicas

La introducción sistemática de los métodos cuantitativos en la medicina occidental data por lo menos de la segunda mitad del siglo XVII


SOCIEDAD DE GEOGRAFIA Y ESTADISTICA

TOMO I

MEXICO

ELEMENTOS

DE MATEMATICAS

MANUEL MARIA CONTRERAS

MEXICO

1878

Sin embargo, es interesante hacer notar que ya Hipócrates de Cos (aproximadamente 460-375 a. de C.) utilizaba técnicas estadísticas rudimentarias en la descripción de sus observaciones epidemiológicas. Elementos similares se advierten en los textos antiguos de las civilizaciones egipcia, mesopotámica y judía, al igual que en los vestigios de la cultura maya.

En la literatura romana antigua (Suetonio, Ovidio) se pueden encontrar claras alusiones estadísticas en relación con la práctica de la medicina.

Durante la Edad Media, a pesar del retroceso cultural se mantiene el uso de algunos conceptos básicos estadísticos en la práctica médica, mencionados en las obras de Bodel y Furnival.

El advenimiento de la etapa renacentista favorece el desarrollo de las ciencias; a esta situación no escapan las ciencias médicas, y alrededor de 1526 un médico, Girolamo Cardano, realiza el primer cálculo de probabilidad teóricamente argumentado.

En 1662 Graunt publica en Londres su *Natural and political observation on the London bills of mortality*, donde presenta un ingenioso método para la estimación de la mortalidad de los niños menores de 6 años, cuyos resultados concuerdan con bastante fidelidad con las estimaciones que se han calculado para esa época con técnicas de mayor precisión. Junto con su contemporáneo William Petty, médico y economista, es considerado como el iniciador de la estadística moderna en el mundo occidental a través de la creación de la Escuela Inglesa de Aritmética. En esta escuela se realiza el primer cálculo de la tabla de vida, similar a las utilizadas en la actualidad en demografía y en la investigación médica, formulada por Halley, discípulo de Graunt y Petty.

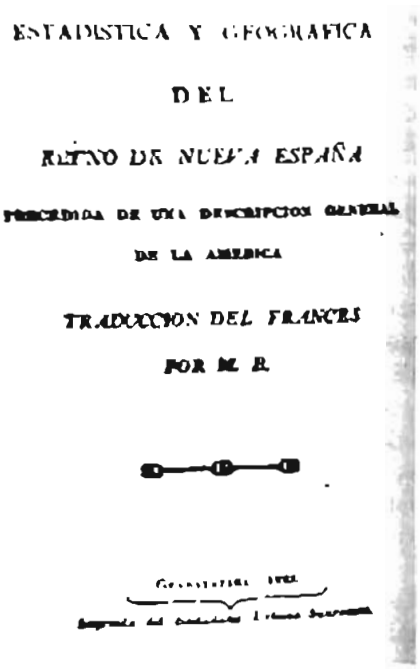
En el siglo XVIII aparece el primer ensayo de la Clasificación de Enfermedades, debido a François Bossier de la Croix, en su vasta obra *Nosología métodica*. En el mismo periodo, el propio Linneo dedica parte de su monumental obra metodológica al origen y a la clasificación de las enfermedades en su *Genera morborum*.

Hacia 1763, la publicación de la obra de Bayes marca un hito en la historia de la estadística al formular la teoría que permite conducir un procedimiento de diferencia inductiva para la aceptación o rechazo de una hipótesis. A fines del siglo XVIII y principios del XIX, la estadística médica es ya una disciplina cultivada de modo permanente por los médicos más interesados en el avance científico del conocimiento y constituye ya uno de los fundamentos teóricos de la medicina.

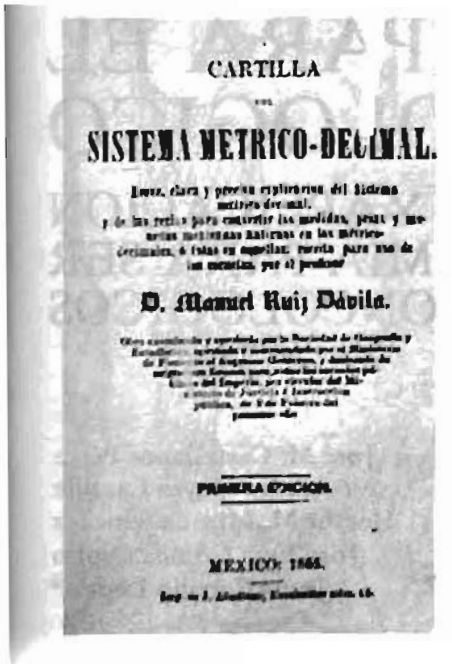
En 1837 se funda en Inglaterra y Gales el "General Register Office"; allí se desarrolla y efectúa un amplio trabajo estadístico.

El Dr. William Farr fue el principal impulsor del uso de la Clasificación de Enfermedades a nivel mundial. Gracias a los trabajos de Farr, en 1853 el primer congreso mundial de estadística encargó al propio Farr y al Dr. Marc D'espine, de Ginebra, la confección de una nomenclatura de causas de defunción aplicable a todos los países.

En 1891, otro gran cultor de la estadística médica, el Dr. Jacques Bertillon, jefe de los trabajos de estadística de la ciudad de París, fue encargado por el Instituto Internacional de Estadística de elaborar una clasificación definitiva de causas de muerte, la cual fue aprobada en el año de 1893 en la reunión de Chicago del mencionado instituto. La primera aplicación sistemática de esta clasificación se realizó en San Luis Potosí, México, por el Dr. Jesús E. Monjarás, médico notable y eximio estadístico de salud, hacia 1898. Sólo después de la publicación de la estadística de San Luis Potosí, la American Public Health Association recomendó la clasificación para los tres países de América del Norte.



Las aplicaciones de la estadística al estudio de problemas médicos alcanzan gran desarrollo en la segunda mitad del siglo XIX, motivado por el avance de las investigaciones científicas en el campo biológico. Los nombres de Mendel, Darwin y Weldon se inscriben genialmente en la his-


CARTILLA

SISTEMA METRICO-DECIMAL.

D. Manuel Ruiz Dávila.

PRIMERA EDICION.

MEXICO: 1865.

toria como exponentes de los primeros intentos de biometría. A fines del siglo XIX y a principios del presente siglo, los trabajos de Karl Pearson representan formidables contribuciones a la construcción de los métodos estadísticos en el estudio científico de problemas biológicos y biomédicos.

En 1908, Sealy Gosset, bajo el pseudónimo de "Student", ideó la distribución 't'.

El análisis de regresión es útil para averiguar la probable relación entre dos variables; éstas ideas fueron aclaradas por vez primera en 1888 por el científico inglés sir Francis Galton, en sus informes de investigaciones sobre la herencia; también los conceptos y terminología del análisis de correlación se deben a él.

En 1934 Ronald A. Fisher, en su quinta edición de *Statistical methods for research workers*, crea y da a conocer un procedimiento matemático denominado "tratamiento exacto de la tabla 2x2, o prueba exacta", conocida en la actualidad como prueba de Chi Cuadrada; dicho procedimiento se basa en el conocimiento de permutaciones y combinaciones.

Casi al mismo tiempo de la invención de la prueba exacta, Frank Yates, colaborador de Fisher, ideó un término de corrección y lo denominó "corrección de continuidad".

Posteriormente vienen a establecerse en forma definitiva las bases metodológicas del diseño experimental y del análisis estadístico aplicado a la investigación médica, y los trabajos de sir Austin Bradford Hill delimitan a su vez la metodología inicial de la investigación clínica y epidemiológica.

Durante la primera mitad del siglo XX, en todos los países de Europa y en Estados Unidos de Norteamérica y Canadá se implantan sistemas estadísticos de salud fundados sobre bases científicas, proporcionando la información necesaria para la prestación de atenciones a la población y para investigación médica.

DERROTERO

DE LAS COSTAS DE TIERRA FIRME.

POR

MEXICO

En América Latina el proceso es más lento y sólo alrededor de 1935 aparecen en algunos países latinoamericanos los primeros registros médicos formales. Al mismo tiempo, la estadística se incluye como asignatura básica en los estudios de las carreras de la salud. Hacia 1945, algunos países sudamericanos comienzan a introducir los primeros cursos de estadística médica en los planes de estudios médicos.

Los médicos Hugo Behm de Chile y Fayad Camel de Venezuela alcanzan con sus trabajos estadísticos el reconocimiento de la Organización Mundial de la Salud, a través de sus comités de expertos en esos problemas.

En México, la enseñanza de la estadística se ha introducido recientemente en los planes de estudios médicos de algunas universidades. El desarrollo de la estadística aplicada al estudio de problemas de salud es aún precario, lo cual se refleja en la escasa calidad de la información estadística de salud que se procesa en el país y en la ausencia de rigor metodológico prevaleciente en la investigación médica.

En la última década esta situación ha comenzado a modificarse lentamente, debido a la demanda del uso de técnicas estadísticas planteadas por la aplicación de las ciencias administrativas a la conducción de los servicios de salud.

El camino por recorrer es todavía arduo y extenso pero debe ser emprendido de inmediato, con el objetivo final de colocar a las ciencias de la salud nacionales al nivel que les corresponde en relación con el proceso económico y social alcanzado en la actualidad en el país.

Bibliografía

1. Levine Baruch A., et al, *Los israelitas*, Ed. Time-Life International de México, México, cuarta edición, 1983, 160 pp.
2. David Bergamini, *Matemáticas*, Ed. Time-Life International de México, México, segunda edición, 1983, 200 pp.
3. Sir Austin Bradford Hill, *Estadística médica*, Ed. Ateneo, Buenos Aires, Argentina, cuarta edición, 1980, 302 pp.
4. Alvan F. Feinstein, *Clinical epidemiology*, Ed. Saunders Co., Philadelphia, EU, 1985, 812 pp.
5. Javier E. García de Alba, *Estadística para el equipo de salud*, Ed. Universidad de Guadalajara, México, 1978, 194 pp.
6. A. García Pérez, *Elementos del método estadístico*, Ed. UNAM, México, 1978, pp. 7-15.
7. Joseph A. Ingelfinger, et al, *Bioestadistics in clinical medicine*, Ed. Macmillan Pub. Co., New York, 1983, 316 pp.
8. Jack Levine, *Fundamentos de estadística en la investigación social*, Ed. Harla, México, segunda edición, 1979, 305 pp.
9. Paul L. Meyer, *Probabilidad y aplicaciones estadísticas*, Ed. Fondo Educativo Interamericano, México, segunda edición, 1981, 372 pp.
10. Jesús O. Reynaga, Danuta Rajs G. y Jaime García R., *Manual para la enseñanza de la bioestadística*, Ed. UNAM, México, 1980, 68 pp.
11. Secretaría de Programación y Presupuesto, *La información estadística demográfica en México*, Ed. SPP México, 1983, 20 pp.
12. Daniel Wayne W., *Bioestadística*, Ed. Limusa, México, 1980, 485 pp.

HIPERTERMIA PARA EL TRATAMIENTO ONCOLOGICO

DISEÑO, DESARROLLO, CONSTRUCCION Y APLICACION CLINICA DE UN EQUIPO DE HIPERTERMIA PARA SER UTILIZADO EN PACIENTES ONCOLOGICOS

José M. Castellanos Pérez
Arturo Reyes Lazalde
Héctor M. Lozada Sánchez
José Luis Gómez Osorio
Jesús Carrillo López*

Julian Schnabel, *La muñeca de Cookie*

Antecedentes

Desde 1890 se conocía que la aplicación de altas frecuencias (10 KHz) produce como efecto incremento de temperatura (A D'arsonval). Para el año de 1929 se pudieron obtener frecuencias del orden de 30 MHz, lo que constituyó la diatermia de ondas cortas. Con el advenimiento de la tecnología del radar (1950) se lograron frecuencias de 2450 MHz aplicados en medicina para el tratamiento de padecimientos reumáticos.

Como consecuencia de esta aplicación, se iniciaron estudios que correlacionan la hipertermia con los tejidos y en 1947 se realizaron estudios de la importancia relativa del tiempo y la superficie de aplicación de la hipertermia en la producción de lesiones térmicas (Moritz); en 1948 se trabajó en el análisis de tejidos y sangre arterial expuesta a calor. Por estas fechas se inicia el empleo de ultrasonido como productor de hipertermia; W.J. Fry en 1954 desarrolla análisis para la determinación de niveles de sonido absoluto y coeficiente de absorción acústica. En 1956 Barnard estudia las lesiones por ultrasonido.

* Departamento de Radioterapia, Hospital de Especialidades IMSS, Puebla y Departamento de Semiconductores del Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla.

La aplicación de la hipertermia en cáncer y asociada a radiación se inicia por 1963 con G. Crile. Los siguientes años se dedican a estudios que esclarecen el efecto de hipertermia. M. Harris, en 1967, determina variaciones de resistencia térmica; en 1969, F.W. Germer determina los efectos térmicos en células He La.

Podemos decir que a partir de 1970, después de que Crile conjuntó la hipertermia con la radiación en el tratamiento del cáncer, se iniciaron una serie de trabajos en varios caminos, que podemos resumir como sigue:

A) *Trabajos dedicados a buscar los efectos que produce el calor en tejidos sanos y cancerosos.*
Apoyándose en estudios histológicos, determinación de supervivencia celular contra tiempo de exposición a la hipertermia, determinación de pH y oxígeno.

B) *Trabajos para poder determinar curvas térmicas que aportan datos para el mejoramiento del equipo.*
Basados en determinación del flujo sanguíneo. Modelos matemáticos y determinación de poder de deposición. Determinación de permitividad en tejidos. Elaboración de programas de cómputo para simulación. Elaboración de modelos matemáticos para determinar curvas en relación a una temperatura base acordada de 43 grados centígrados. Elaboración de programas de cómputo para relacionar dosis térmicas a temperaturas de 43 grados centígrados.

C) *Trabajos que asocian la hipertermia con la quimioterapia.*
Con aplicación experimental y clínica.

D) *Trabajos que asocian la hipertermia con la radiación.*
Con aplicación experimental y clínica.

E) *Trabajos de elaboración de equipo.*
Basados en todos los trabajos anteriores.

Después del Congreso de Colorado y a partir de 1980 estos trabajos se han intensificado; resulta difícil citarlos todos. No obstante, los resultados en todos esos años avalan la posición a favor del empleo de la hipertermia en el tratamiento del cáncer. Nosotros no vemos razón para cambiar el resumen presentado en la conferencia internacional sobre hipertermia en Colorado:

La biología está con nosotros, el reto es diseñar y hacer equipo para producir hipertermia regional que pueda empezar a igualar la sofisticación de distribución de dosis obtenidas con supervoltaje y máquinas de rayos X.

En México la hipertermia nunca antes se había implantado debido a lo reciente del tratamiento; en la esfera mundial sólo un reducido número de países ha desarrollado esta tecnología (EU, URSS, Francia, Italia, entre otros). Este trabajo marca el inicio de una nueva faceta en el desarrollo de tecnología nacional, que puede ser aplicada al tratamiento del cáncer.

Es importante destacar los beneficios que puede representar este tipo de tratamiento. En algunos pacientes oncológicos se obtendrían regresiones completas del tumor en un 60 - 70% si se combina hipertermia con radioterapia (División de radiación oncológica del Instituto de Radiología Mallinc Krodt de St. Louis Missouri) y en otros pacientes se lograría la reducción en el número de dosis de radiación. Por este motivo el Departamento de Radioterapia del IMSS (Puebla) y el Departamento de Semiconductores de la UAP unen esfuerzos para lograr el desarrollo del primer aparato de hipertermia en México, con la esperanza de poder brindar una opción más a estos pacientes.

Técnicas de hipertermia

La hipertermia es un método de tratamiento que consiste en aumentar la temperatura a niveles del orden de 42°C a 45°C durante un tiempo no mayor de una hora en el tumor.

Como la radiorresistencia es mayor en tumores poco irrigados, se emplea la hipertermia, basándose en los cambios biológicos que se suceden dentro del tumor y que consisten en una importante vasodilatación que produce un flujo sanguíneo en el centro del tumor a niveles cercanos a los existentes en los tejidos normales, haciéndolos radiosensibles, disminuyendo el tiempo de radioterapia.

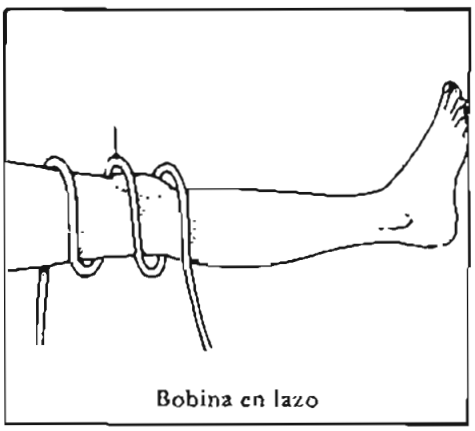
Por su modo de aplicación la hipertermia puede ser *local o general; invasiva o no invasiva.*

Dentro del área de *técnicas invasivas* se encuentra el uso de agujas por las cuales se hace pasar una corriente para calentar el tejido circundante —la temperatura es mayor cerca de las agujas, lo que produce hipertermia no muy homogénea.

Entre las *técnicas generales* se encuentran: baños con agua caliente, cobertor eléctrico y técnicas electromagnéticas. El inconveniente de las dos primeras es el sobrecalentamiento en la superficie de la piel, disminuyéndose la temperatura conforme se muestrea más profundamente. Con el uso de energía electromagnética se alcanzan temperaturas más homogéneas con respecto a los otros dos métodos.

Queriendo tener un mejor control de la temperatura a nivel local y tratando de evitar lesiones a tejidos normales, se usa la técnica de *hipertermia local*. Para este fin se encuentra el uso de energía electromagnética y ultrasonido como métodos *no invasivos* para lograrlo.

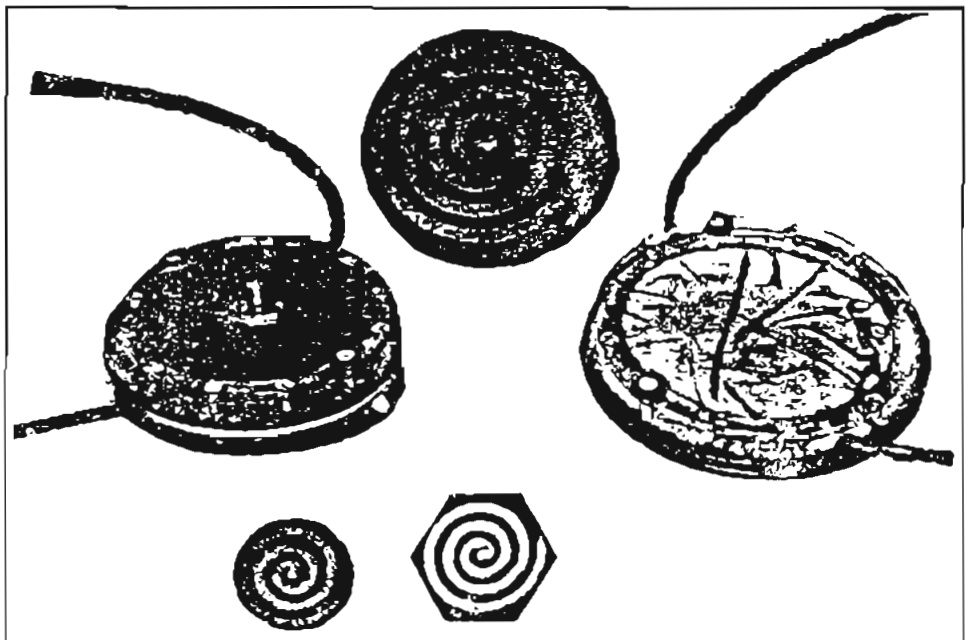
El aplicador inductivo se logra por medio de una bobina, usando un lazo largo arrollado en una extremidad como se ve en la figura siguiente:



Bobina en lazo

Un aplicador único arrollado en espiral o un conductor plano con distribución axial que produce un campo predominantemente perpendicular a la superficie de la piel, un par de bobinas coaxiles colocadas en forma paralela a una región del cuerpo y una bobina concéntrica a través de la cual se coloca al paciente.

Para el uso de microondas, es necesario el empleo de un aplicador formado por una antena coaxial con su guía de onda, con aperturas del orden de 2.0 x 1.4 cm.



Aplicadores de microondas usados para hipertermia superficial (según M.A. Bagshaw et al).

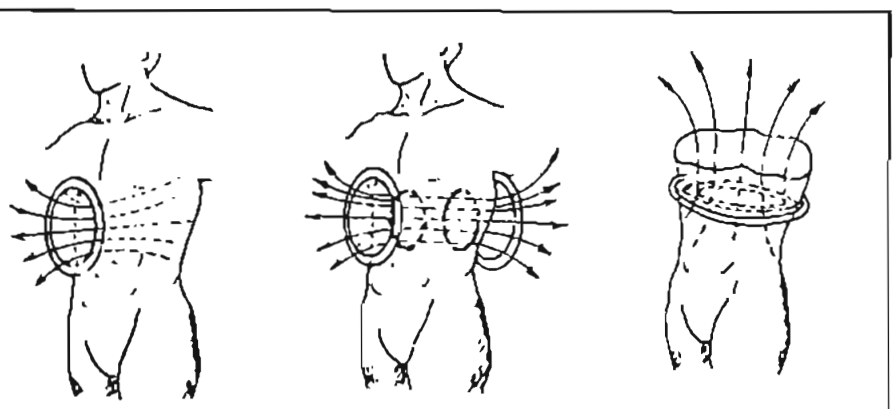
El uso de técnicas electromagnéticas produce un sobrecalentamiento en las uniones de diferentes tejidos, principalmente músculo y tejido graso. La profundidad de penetración es menor utilizando técnicas electromagnéticas como las usadas con aplicadores inductivos y capacitivos y mayor utilizando técnicas de microondas. Sin embargo, es conveniente especificar que el poder de absorción, o mejor de penetración, está dado por la conductividad del tejido y el cuadrado del campo eléctrico empleado.

$$P = 1/2\ /E/^2\ (W/m^3)$$

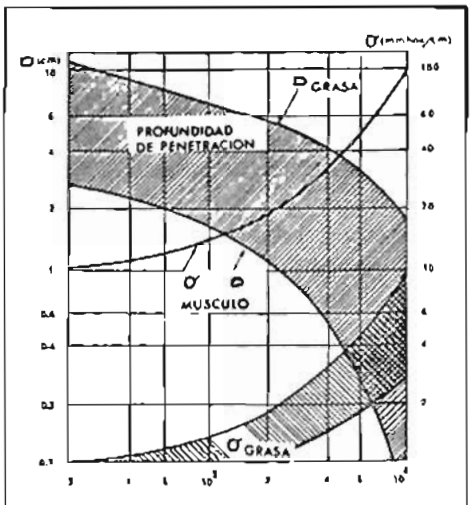
La técnica electromagnética consiste en inducir calor a los tejidos gracias a un campo electromagnético, utilizando frecuencias altas, tales como: 13.56 MHz, 27.12 MHz, 40.68 MHz, 915 MHz, 2450 MHz incluso hasta 30 GHz.

Los aplicadores que utilizan este tipo de aparato pueden ser de tipo capacitivo o inductivo.

El tipo capacitivo consiste en dos platos que producen un campo eléctrico (E) perpendicular a los platos, de tal modo que es perpendicular a la interfase de los diferentes tejidos. La temperatura lograda depende de la permitividad de los diferentes tejidos, entre otras cosas.



Tres distribuciones de curvas de corriente y las direcciones correspondientes de las líneas de campo magnético (según Augustine Y. Cheung y Ali Neyzari).



Dependencia de la profundidad de penetración de ondas planas con respecto a la frecuencia y conductividad para ondas electromagnéticas en músculo y tejidos grasos.

El uso de técnicas ultrasonoras requiere de un aplicador constituido de un transductor y una lente con dimensiones, dependiendo de la longitud de onda.

$$S = \frac{1.22\,\lambda d}{D} \quad (cm)$$

Con esta técnica se logra producir calor profundo, alcanzándose sobrecalentamiento en hueso y aire.

La necesidad de producir una temperatura homogénea dentro del tejido tumoral ha llevado en los últimos años a la construcción de aplicadores múltiples, en los que se combinan varias de las técnicas descritas.

El funcionamiento básico de un aplicador está en dependencia de la eficiencia de calentamiento, la forma de campo térmico útil, la profundidad de penetración sobre mediciones apropiadas de SAR —patrón de geometría estándar— del tejido deseado.

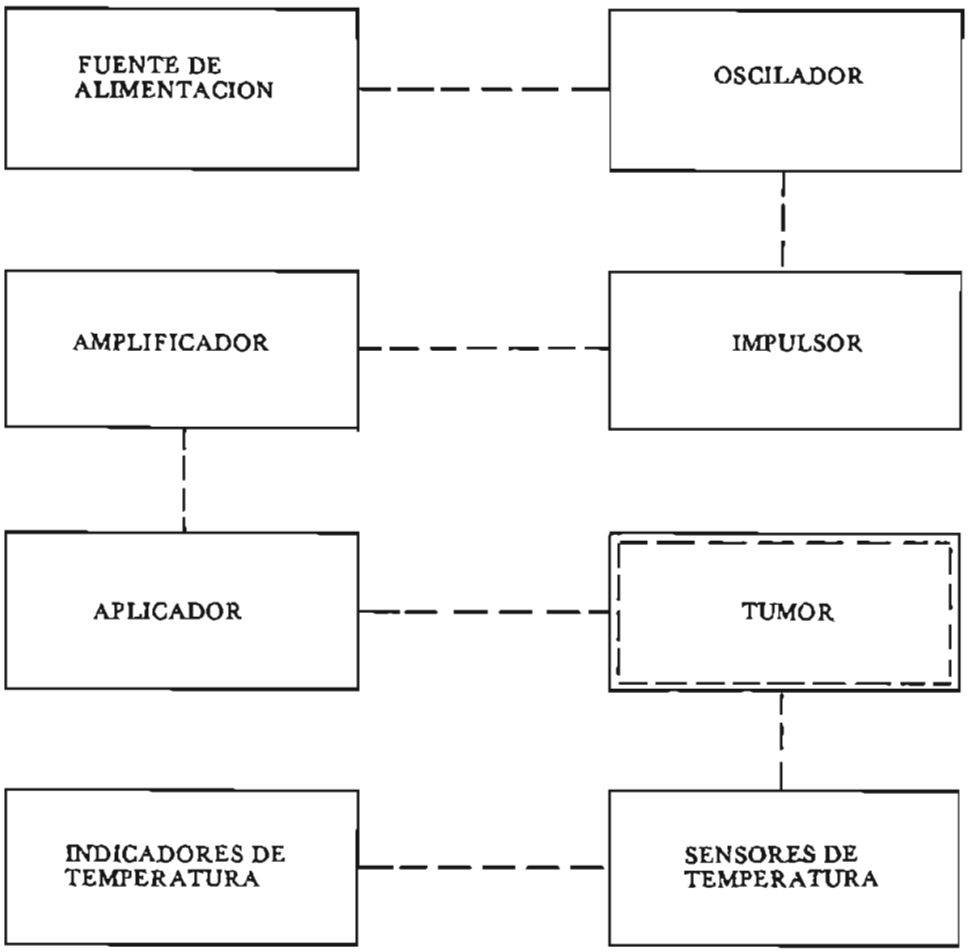
Típicamente la eficiencia de calor aplicado es definida por el radio de la máxima absorción de energía específica (SAR) y en profundidad de 1 cm en el modelo de potencia neta aplicada.

El gradiente térmico está relacionado con las características de la técnica de calentamiento, eficacia de acople al tejido y flujo sanguíneo tisular. El volumen del tumor y el sitio donde se encuentra influyen en el gradiente térmico probablemente como causa directa de la interacción con los patrones de deposición de potencia.

El poder registrar la temperatura a diversas profundidades del tejido es esencial para poder lograr el mapeo térmico y así determinar la dosimetría térmica empleada.

En conclusión, podemos decir que el analizar las cracterísticas mencionadas nos dio la pauta para determinar la factibilidad y costeabilidad de la construcción de un aparato de hipertermia, de acuerdo a los recursos humanos y tecnológicos existentes tanto en el Departamento de Radioterapia del IMSS como en el Departamento de Semiconductores del Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla. Se estableció así construir un aparato de bajo costo, con tecnología nacional y con componentes de fácil adquisición, que nos iniciara lo antes posible en este campo de investigación y aplicación clínica todavía virgen en nuestro país, para no estancarnos una vez más en el dominio de conocimientos tan relevantes y de tanto beneficio a la humanidad.

El aparato de hipertermia diseñado se muestra a continuación en un diagrama a bloques.



El aparato de hipertermia diseñado y construido por los autores presenta las siguientes características:

- Una fuente de alimentación de alto poder.
- Un oscilador con frecuencia variable de 10-17 MHz.
- Un amplificador de potencia a 80 watts.
- Un aplicador inductivo.
- Un módulo indicador de temperatura.

Expectativas

Los módulos que integran el aparato —construidos hasta ahora— han sido probados y funcionan adecuadamente. Una vez finalizada la etapa de construcción e integración de todo el sistema, se harán los cálculos matemáticos necesarios para los ajustes de impedancias y capacitor de resonancia que nos lleven a desarrollar el aplicador óptimo.

Se someterá el aparato a múltiples pruebas electrónicas y posteriormente se pasará a la etapa de experimentación animal. Esta etapa nos indicará los cambios que pudiera requerir el aparato; para ello se combinarán los recursos del Departamento de Radioterapia con los responsables del proyecto del Departamento de Semiconductores.

Finalmente se llegará a la etapa de aplicación clínica sometiendo a este tipo de tratamiento a pacientes oncológicos del Servicio de Radioterapia del Hospital de Especialidades del IMSS, Puebla.

Bibliografía

[1] Andrew J. Milligan, "Whole body hyperthermia induction techniques, *Cancer research* (Suppl) 44 pp. 4869s-4872s, octubre 1984.

[2] Augustine Y. Cheung y Ali Neyzari, "Deep local hyperthermia for cancer therapy: external electromagnetic and ultrasound techniques", *Cancer research* (Supp) 44, pp. 4786s-4744s, octubre 1984.

[3] B. Emami, B.M. Mittal, and S. Sakapeto, "Sequencing of the total course of hyperthermia and irradiation", *Cancer research* (Supp) 44, pp. 4731s-4732s, octubre 1984.

[4] Chang W. Song, "Effect of local hyperthermia on blood flow and microenvironment: a review", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4721s-4730s, octubre 1984.

[5] Carlos A. Pérez and Stephen A. Sapareto, "Thermal dose expression in Clinical Hyperthermia and correlation with tumor response control", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4818s-4825s, octubre 1984.

[6] Edward L. Gillete, "Clinical use of thermal enhancement and therapeutic gain for hyperthermia combined with radiation or drugs", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4836s-4841s, octubre 1984.

[7] Frederic A. Gibbs, Jr. "Regional hyperthermia: a clinical appraisal of noinvasive deepheating methods", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4765s-4770s, octubre 1984.

[8] Gilbert H. Nussbaum, "Quality assesment and assurance in clinical hyperthermia: requirements and procedures", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4811s-4817s, octubre 1984.

[9] Giorgio Arcangeli, Carlo Nervi, Anna Cividalli, and Giorgio A. Lavisolo, "Problem of secuence and fractionation in the clinical application of combined heat and radiation", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4857s-4863s, octubre 1984.

[10] Gloria C. Li, "Thermal biology and physiology in clinical hyperthermia current status and future needs", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4886s-4893s, octubre 1984.

[11] H. Ian Robins, "Role of whole-body hyperthermia in the treatment of neoplassic disease its current status and future prospects". *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4878s-4883s, octubre 1984.

[12] Ivan A. Brezovich, William J. Atkinson, y Michael B. Lilly, "Local hyperthermia with interstitial techniques", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4752s-4756s, octubre 1984.

[13] James R. Oleson, "Regional power deposition for hyperthermia: theoretical approaches and considerations", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4761s-4745s, octubre 1984.

[14] Joan M.C. Bull, "An update on the anticancer effects of a combination of chemotherapy and hyperthermia", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4853s-4856s, octubre 1984.

[15] John L. Meyer, "The clinical efficacy of localized hyperthermia", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4745s-4751s, octubre 1984.

[16] John W. Strohbrhn, "Calculation of absorbed power in tissue for varios hyperthermia devices", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4781s-4787s, octubre 1984.

[17] J. Robert Stewart, "Past clinical studies and future directions", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4902s, octubre 1984.

[18] Leslie H. Cronau Jr., Denis L. Boorke y Joan M. Bull, "General anesthesia for whole-body hyperthremia", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4873-4877s, octubre 1984.

[19] Luis Felipe Fajardo, "Pathological effects of hyperthermia innormal tissues", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4826s-4835s, octubre 1984.

[20] Malcolm A. Bagshaw, Mark A. Taylor, Daniel S. Kapp, "Anatomical site specific modalities for hyperthermia", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4842s-4852s, octubre 1984.

[21] Mark W. Dewhirst y Dalice A. Sim, "The utility of tumor and normal tissue responses to combined radiation and hyperthermia", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4772s-4780s, octubre 1984.

[22] D.H. Frazier y Peter M. Corry, "Induction of hyperthermia using implanted electrodes", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4864s-4866s, octubre 1984.

[23] Peter Fessenden, Eric R. Lee, y Thaddeus U. Samulski, "Direct temperature measurement", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4799s-4804s, octubre 1984.

[24] R.B. Roemer y T.C. Cetas, "Applications of bioheat transfer simulations in hyperthermia", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4788s-4798s, octubre 1984.

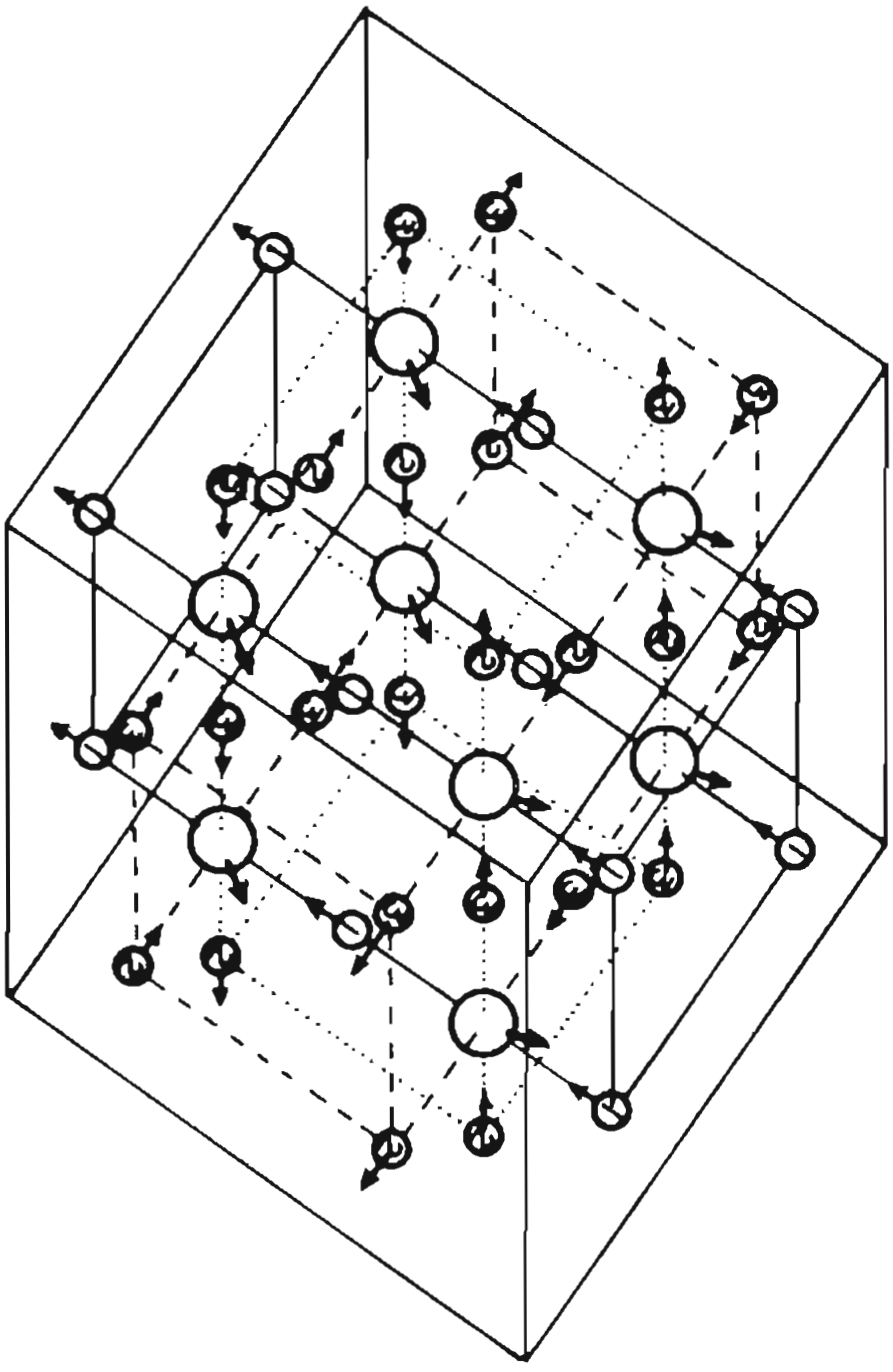
[25] Silvio A. Aristizabal y James R. Oleson, "Combined interstitial irradiation and localized current field hyperthermia: results and conclusions from clinical studies", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4557s-4760s, octubre 1984.

[26] Thomas C. Cetas, "Will thermometric tomography become practical for hyperthermia treatment monitoring", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4805s-4804s, octubre 1984.

[27] T.C. Cetas y R.B. Roemer, "Status and future developments in the physical aspects of hyperthermia", *Cancer research* (Suppl) 44, pp. 4894s-4901s, octubre 1984.

EL SURGIMIENTO DEL CONCEPTO DE MOL*

María de la Paz Elizalde **
José Núñez Flores **
Luis Rivera Terrazas ***



Sin duda alguna quienes leen o han leído temas del campo de la química y de la física se han encontrado con un término que ha sido necesario revisar hasta el concepto mismo para comprenderlo mejor. El término es el *Mol*. ¿Cuál ha sido su origen? ¿Cuándo y quién lo introdujo al mundo de la química? ¿Por qué fue necesario introducirlo? Se pueden citar un sinnúmero de preguntas, pero tratamos de contestar las primeras para poder continuar con otras. Podemos decir que este proceso de pregunta-respuesta no ha cambiado desde que el hombre usa su capacidad de razonamiento y, si se trata de conocer a la naturaleza, es de ésta de donde se deben obtener las respuestas.

Hemos visto que si nuestro interés es conocer la naturaleza en su forma material debemos de alguna manera poderla medir. Recordemos que la cuantificación de la materia fue necesaria desde tiempos muy antiguos, pero adquiere especial importancia en los tiempos de Galileo (1564-1642). Para mencionar un ejemplo citemos a Jean Baptista Van Helmont (1577-1644), quien realizó experimentos para encontrar el origen de los tejidos vivientes de un

* En el programa de Maestría en Química que ofrece el Departamento de Química del ICUAP los estudiantes de 3er. semestre realizan un trabajo histórico o filosófico de la química.

Cartel presentado en la 191a. Reunión Nacional de la American Chemical Society, 13-18 de abril de 1986.

** Departamento de Química, Instituto de Ciencias, Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria 72570, Puebla, Pue.

*** Departamento de Física del Estado Sólido, Instituto de Ciencias, Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria 72570, Puebla, Pue.

elementos núm. 10, año 3, vol. 2. Impreso en México

árbol, siendo el primero en estudiar las sustancias volátiles (específicamente los alcoholes) y sus vapores producidos, así como también en aplicar a los vapores el término "gas" (fonética flamenca del término *"chaos"*, del griego, que significa la materia original y desordenada a partir de la cual fue creado el universo).[1]

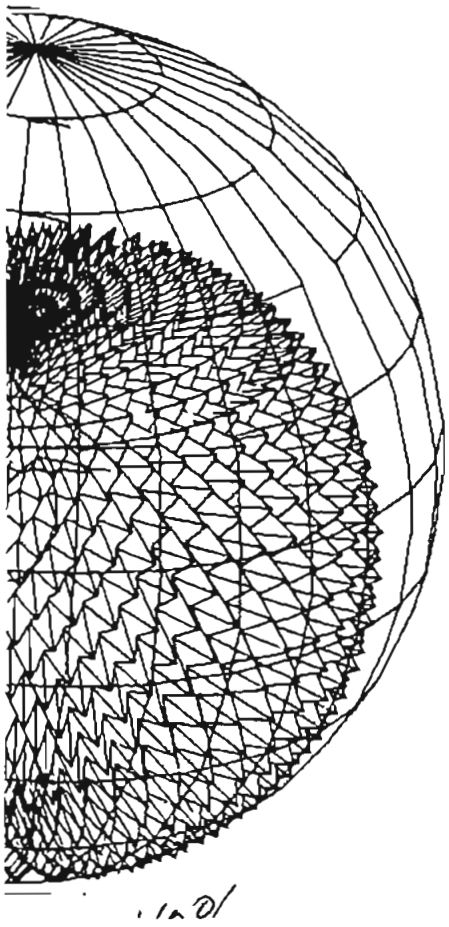
Robert Boyle (1627-1691) en 1661 publica su libro *El químico escéptico*, en el cual suprime la primera sílaba del vocablo *alchemist* para tomarlo como *chemist*, surgiendo así el término *químico* y por ende la ciencia química, mejor conocida en ese tiempo como alquimia. Además Boyle ya define a los elementos en forma real y práctica.

En 1792 J. Richter (1762-1807) publica el primer volumen de *El arte de medir los elementos* y es el primero en usar el término *estequiometría* (*stoicheion* = elemento, *metron* = medida).

Un resultado de gran importancia lo obtiene en 1799 Joseph Louis Proust (1754-1826), quien por sus estudios llegó a generalizar que todos los compuestos contienen elementos en ciertas proporciones definidas y no en otras combinaciones, independientemente de las condiciones bajo las que se hubieran formado. Esto se conocería más tarde como la "ley de las proporciones definidas" y en ocasiones como la "ley de Proust". La combinación de átomos se denominaría posteriormente "molécula", de un vocablo latino que significa pequeña masa.

Ahora consideremos las conclusiones importantes obtenidas por otros científicos, que nos conducirán a encontrar lo que nos interesa sobre el mol.

En primer lugar John Dalton (1766-1844), quien con base en sus experimentos llegó a descubrir que dos elementos pueden combinarse en más de una proporción, es decir, exhiben gran variedad de proporciones de combinación y en cada variación se forma un compuesto diferente. Esto se publica en 1803 como la "ley de las proporciones múltiples", la cual tiene continuidad con los conceptos atomísticos, pues las relaciones en forma de múltiplos sencillos reflejan la existencia de compuestos cuya constitución difiere en átomos completos. Uniendo los conceptos de las leyes de las proporciones definidas y de las proporciones múltiples Dalton da una nueva versión de la teoría atómica, misma que discute detalladamente en su libro *Un nuevo sistema de filosofía química*, publicado en 1808.



En segundo lugar, Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), basándose en experimentos propios y otros efectuados por W. Nicholson (1753-1815) y A. Carlisle (1768-1840), descubre que cuando los gases se combinan entre *sí* para formar compuestos siempre lo hacen en proporción de números enteros pequeños, y esto lo da a conocer también en 1808 bajo en nombre de "ley de los volúmenes de combinación".

Por último, Amadeo Avogadro (1776-1856), quien unifica los criterios de Dalton y de Gay-Lussac, en su razonamiento plantea que partículas de diferentes gases están formadas por átomos simples y las combinaciones de átomos simples están igualmente separadas. Consecuentemente, números iguales de partículas de un gas (a una temperatura dada) ocuparán siempre volúmenes iguales independientemente del gas que se considere. Esto se conoce como "la hipótesis de Avogadro" y fue propuesta por él mismo en 1811.

Con base en esta hipótesis se hace posible la distinción entre átomos y moléculas de un gas. Esta, sin embargo, permaneció ignorada durante casi medio siglo y no estaba definida claramente, con lo cual resolver la incertidumbre acerca de los pesos atómicos de algunos de los elementos más importantes tendría que buscar otro camino.

Hacia 1859, Cannizaaro, con base en los conocimientos de la época calcula algunos pesos atómicos y moleculares, a la vez que explica la naturaleza química diatómica de la molécula de oxígeno, sin interesarse en lo mínimo en el número absoluto de partículas.

Parecía casi del manejo exclusivo de los físicos el hablar del número de partículas, como lo muestra el cálculo del número de Loschmidt. El en 1965 encontró una constante física referida al número de moléculas en un centímetro cúbico de un gas bajo condiciones estándar, a diferencia del número de Avogrado, que se refería al número de partículas en un mol. Puede considerarse al número de Avogadro como el sucesor del número de Loschmidt.

El término *Mol* es introducido por Wilhelm Ostwald en 1886,[2, 3] quien lo tomó del latín *Mole* = pila, montón, surgiendo con él la necesidad de unificar ciertos criterios físicos con otros químicos.

1 *Breve historia de la química*, Isaac Asimov, Alianza Editorial, México, 1975.

2 R. M. Hawthorne, "The mole and Avogadro's Number", *J. Chem. Educ.*, 50, núm. 282 1973.

3 R. M. Hawthorne Jr. "Avogadro's Number: early values by Loschmidt and others", *J. Chem. Educ.*, 47, núm. 11, pp. 751-755 1970.

Nueva Unidad CONACYT en Puebla

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología inauguró recientemente su Unidad CONACYT No. 23, en el Centro Cultural Poblano de esta ciudad. El propósito de la Unidad es brindar a los sectores académicos, de la producción y gubernamental la posibilidad de acceso a la información de ciencia y tecnología.

La Unidad cuenta con una librería que, además del acervo completo editado por el mismo CONACYT, expende material de editoriales nacionales así como algunos títulos en inglés y francés. La librería maneja aproximadamente 3000 títulos en las ramas de las ciencias sociales, la tecnología y las ciencias exactas. Cabe mencionar que la única publicación que las Unidades distribuyen, además de las que edita el propio Consejo, es la revista ELEMENTOS de la Universidad Autónoma de Puebla.

Otro de los servicios que la Unidad ha puesto a disposición, es el Servicio de Consulta a Bancos de Información (SECOBI) que a través de una red de teleinformática permite el acceso a datos bibliográficos, estadísticos y periodísticos publicados en diferentes partes del mundo. SECOBI da acceso a los principales sistemas internacionales de información, en donde más de 500 bancos y bases de datos pueden ser consultados para obtener un acervo aproximado de 250 millones de datos.

Como un servicio más, la Unidad implementó una sala de lectura en donde se tiene acceso a cualquiera de los libros con que cuenta la librería. En breve tiempo, la Unidad también tendrá a disposición de estudiantes y maestros la información sobre las becas que ofrece el Consejo, así como para instituciones nacionales y extranjeras.

El número de Avogadro ($N = 6.024 \times 1^{23}$) se realciona con el mol al definir a este último como: "la unidad de números igual al número de Avogadro", con lo cual puede aplicarse ya a las especies químicas. Aun cuando la idea de relacionar el mol con el número de Avogadro parecía simple, aproximadamente por espacio de dos décadas, al inicio de este siglo, los dos conceptos fueron usados indistintamente. En el año de 1922 Max Trautz logra definir pesos atómicos con respecto a 16 g de oxígeno, por lo que le parece necesario definir al mol como un número estándar de partículas en relación también a los 16 g de oxígeno conectándolo con el número de Avogadro de la siguiente manera: "en un mol de cualquier material dado siempre habrá contenido el mismo número de partículas". Dicho número se denomina número de Loschmidt y formalmente número de Avogrado, que tiene un valor de:

6.18×10^{23} molécula por mol.

F.E. Brown[4] en 1933, al hacer determinaciones de pesos atómicos y moleculares, concluye que el número de Avogadro (6.062×10^{23}) no es el número de moléculas por mol, sino fundamentalmente la relación entre un gramo y la unidad de peso atómico.

Durante casi las dos décadas posteriores al criterio de Brown la aplicación y definición que se le dio al mol fue muy diversa. En ocasiones se definió como peso, masa, volumen de un gas. En otras como un número o un número de partículas, pues lo relacionaban con el peso molecular gramo, con peso atómico gramo, etcétera.

Si bien esto en la química se refería a elementos, iones o compuestos, era necesario unificar los conceptos existentes, lo que se consiguió hasta 1960 en la XI Conferencia de Pesos y Medidas en París, en la que se definió al mol como una de las 7 unidades básicas del sistema internacional y, para unificar sistemas, también fue adoptado por la oficina de patrones en Estados Unidos y la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada), estableciendo el concepto de la siguiente manera:

> El MOL es la unidad SI para medir cantidad de sustancia; la cual contiene tantas partículas elementales como átomos de carbono hay en 0.012 kg de carbono 12. La entidad elemental debe especificarse y puede ser un átomo, una molécula, un ión, un electrón, etc., o bien un grupo específico de tales partículas.

Guggenheim[5, 6] en 1961 apoya dicha concepción del mol al definirlo de la siguiente manera:

Mol es la cantidad de sustancia que contiene el mismo número de moléculas (o átomos, radicales, iones, electrones, etc.) como átomos contengan 12 *g* de carbono 12.

Finalmente el número de Avogadro igualmente puede definirse como:

N = Número de unidad de un mol.[7]

[4] Doris Kolb, "The mole", *J. Chem. Educ.*, vol. 55, núm. 11, pp. 728-732, nov. 1978.

[5] F.E. Brown, *J. Chem. Educ.*, vol. 10, núm. 308, 1933.

[6] S. Novick and J. Menis, "A study of perception of the mole concept", *J. Chem. Educ.*, vol. 53, núm. 720, 1976.

[7] E.A. Guggenheim, "The mole and related quantities", *J. Chem. Educ.*, vol. 38, núm. 86, 1961.

LECTURAS RECOMENDADAS

1. L.C. King and E.K. Nielson, "Estimation of Avogadro's Number", *J. Chem. Educ.*, vol. 35, núm. 198, (1958).
2. L.F. Andriet and M. J. Copley, *J. Chem. Educ.*, vol. 18, núm. 373, 1941.
3. Thomas B. Colidge, *J. Chem. Educ.*, vol. 19, núm. 143, 1942.
4. Shiu Lee, *J. Chem. Educ.*, vol. 38, núm. 549, 1961.
5. G.N. Copley, *J. Chem. Educ.*, vol. 37, núm. 551, 1961.
6. W.H. Slabaugh, "Avogadro's Number by four methods". *J. Chem. Educ.*, vol. 46, núm. 40, 1969.
7. A.A. Sunier, "Some methods of determining Avogadro's Number", *J. Chem. Educ.*, vol. 6, núm. 299, 1929.
8. William F. Kieffer, *The mole concept in chemestry*, second edition, Van Nostrand Company, 1973.

LOS CONCEPTOS DE MATERIA Y SUS DIFICULTADES

C. Ulises Moulines*

Una fuerte tendencia dentro del pensamiento contemporáneo ha sido la de establecer una dicotomía tajante entre las actividades científicas y las filosóficas. Muchos filósofos y científicos han sostenido que ciencia y filosofía no tienen nada que ver una con otra, que los problemas y objetos de estudio de ambas disciplinas pertenecen a categorías enteramente distintas y que tratar de establecer puentes o modos de influencia entre una y otra es sólo una forma de hacer mala ciencia o mala filosofía. Esta actitud de mutua ignorancia puede que tenga la virtud de hacerles la vida más fácil a ciertos científicos y a ciertos filósofos que tienen graves dificultades para salir de su propia estrecha área de especialización y para asimilar el lenguaje de otras áreas. Sin embargo, hacerse la vida fácil no debe ser el lema ni de la buena ciencia ni de la buena filosofía, y la política de mutua ignorancia sólo lleva al oscurecimiento o negligencia de una serie de problemas que conciernen tanto a científicos como a filósofos. Es simplemente un hecho que el conjunto de conceptos y problemas tratados por la filosofía tiene una intersección no-vacía con el conjunto de conceptos y problemas tratados por las ciencias. Un caso típico que, a mi entender, muestra claramente que hay una zona de empalme entre filosofía y ciencia, es el análisis del concepto de materia. Este concepto y la problemática ligada a él pertenecen a ese ámbito de ideas y cuestiones que, por su generalidad y por

elementos núm. 10, año 3, vol. 2. Impreso en México

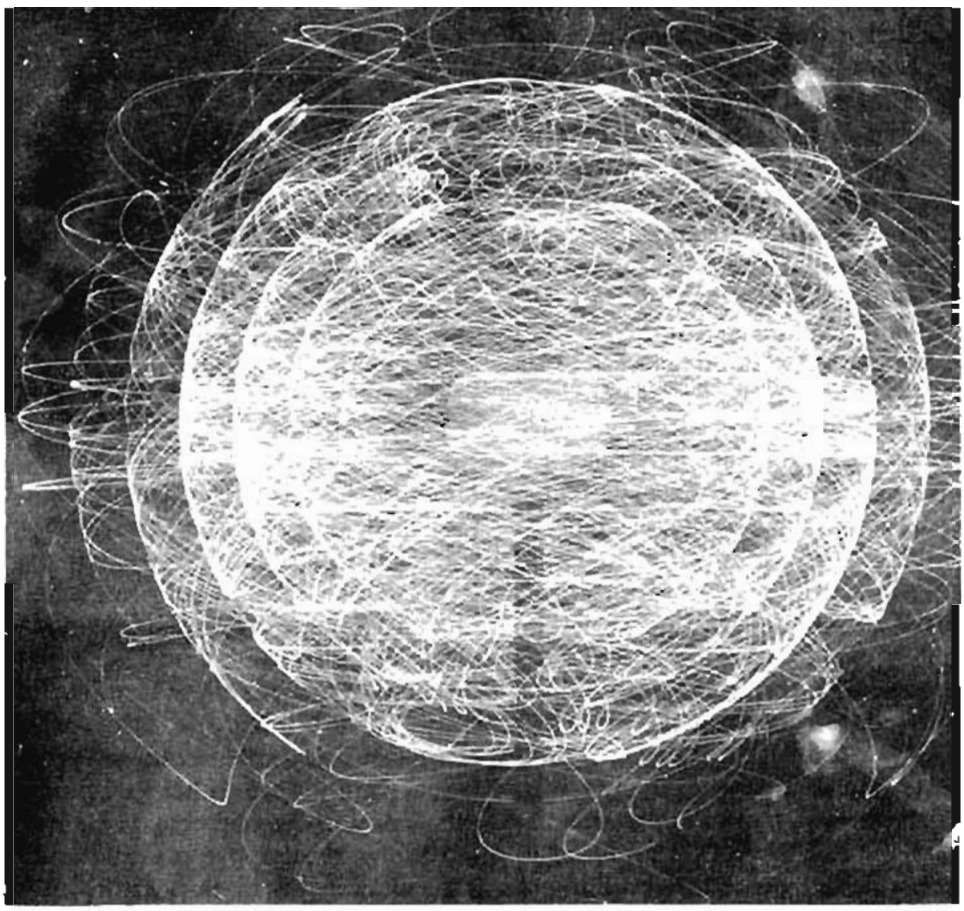
el papel que han jugado en nuestra evolución científica y cultural, no es posible catalogar ni como estrictamente filosóficos ni como estrictamente científicos; y por otra parte me parece claro que hay que tomarse en serio ese ámbito conceptual y no anatematizarlo como conjunto de sinsentidos, como algunos filósofos estarían tentados de hacer.

La conexión entre ciencia y filosofía produce algunos de los problemas más interesantes para cualquier intento de comprensión global del mundo y de nuestro conocimiento del mundo. Muchos de esos problemas, aunque no todos, son de la clase que podríamos denominar *ontológicos*, es decir, atienden a nuestra concepción de *lo que hay* en general. El análisis del concepto de materia pertenece a esta clase.

En lo que sigue me propongo analizar el concepto de materia, o mejor dicho, distintos conceptos posibles de materia, sus características básicas y sus dificultades, y expondré este análisis desde el punto de vista que he denominado ontológico, con lo cual me propongo no sólo examinar ese caso concreto, sino también ejemplificar una determinada concepción de lo que es o debe ser la ontología.

El dilema metodológico básico que se plantea en cualquier elucidación ontológica y, en este caso concreto, en la elucidación del concepto de materia, es el siguiente. Por un lado, queremos obtener una caracterización general de la materia (o de cualquier otra noción ontológica fundamental) que sea lo más resistente posible a los resultados empíricos concretos, pues no queremos construir ontologías que se vengan abajo cada par de años ante nuevos experimentos o cálculos; queremos una ontología y, en particular, un concepto de materia que resista lo mejor posible los embates del desarrollo científico. Por otro lado, naturalmente tampoco queremos un concepto de materia que sea una pura elucubración sin contenido empírico, ajena a las teorías científicas en vigencia; esto sería refugiarse en un discurso puramente especulativo sin conexión con la ciencia, lo cual, a mi entender, es hacer mala ontología. Seguir demasiado fielmente las teorías científicas del momento es suicida (además de acrítico); no seguirlas en absoluto es estéril. Este es el dilema del ontólogo. Por supuesto, la resolución de esta tensión estará en seguir alguna vía media. El problema consiste en averiguar cuál es esa vía en términos concretos.

Creo que, por lo menos en el caso que nos ocupa, la estrategia adecuada no es dar una *definición* de la materia con pretensiones de validez absoluta, sino considerar varias alternativas posibles de elucidación del concepto. Es decir, la pregunta que se trata de plantear y responder no es tanto la de "¿Qué es la materia?", sino más bien la de "¿Qué puede ser la materia?", o, dicho de otro modo, "¿Qué aplicaciones o usos del predicado 'es material' son plausibles?" Con esta forma de plantear la pregunta adoptamos de entrada un punto de vista abierto a varias concepciones posibles de la materia. Nuestra tarea consistirá, entonces, no en dar una definición única y tajante, sino en precisar las distintas alternativas tanto como sea posible y examinar su grado de plausibilidad ateniéndonos a nuestras intuiciones previas, a los resultados científicos aceptados y a consideraciones de coherencia lógica. Podemos adelantar que, ante ese examen, veremos que todas las alternativas consideradas se enfrentan a problemas conceptuales de ninguna manera triviales. El hecho de que cualquier elucidación del concepto de materia posea aspectos problemáticos no significa que el concepto carezca de sentido o que sea irremediablemente confuso. Pero el ontólogo no-dogmático (por desgracia, una *rara avis*) debe reconocer y encarar esos problemas antes de tomar partido. Esa es la tarea que se emprende a continuación; en resumidas cuentas: precisar las distintas alternativas posibles de



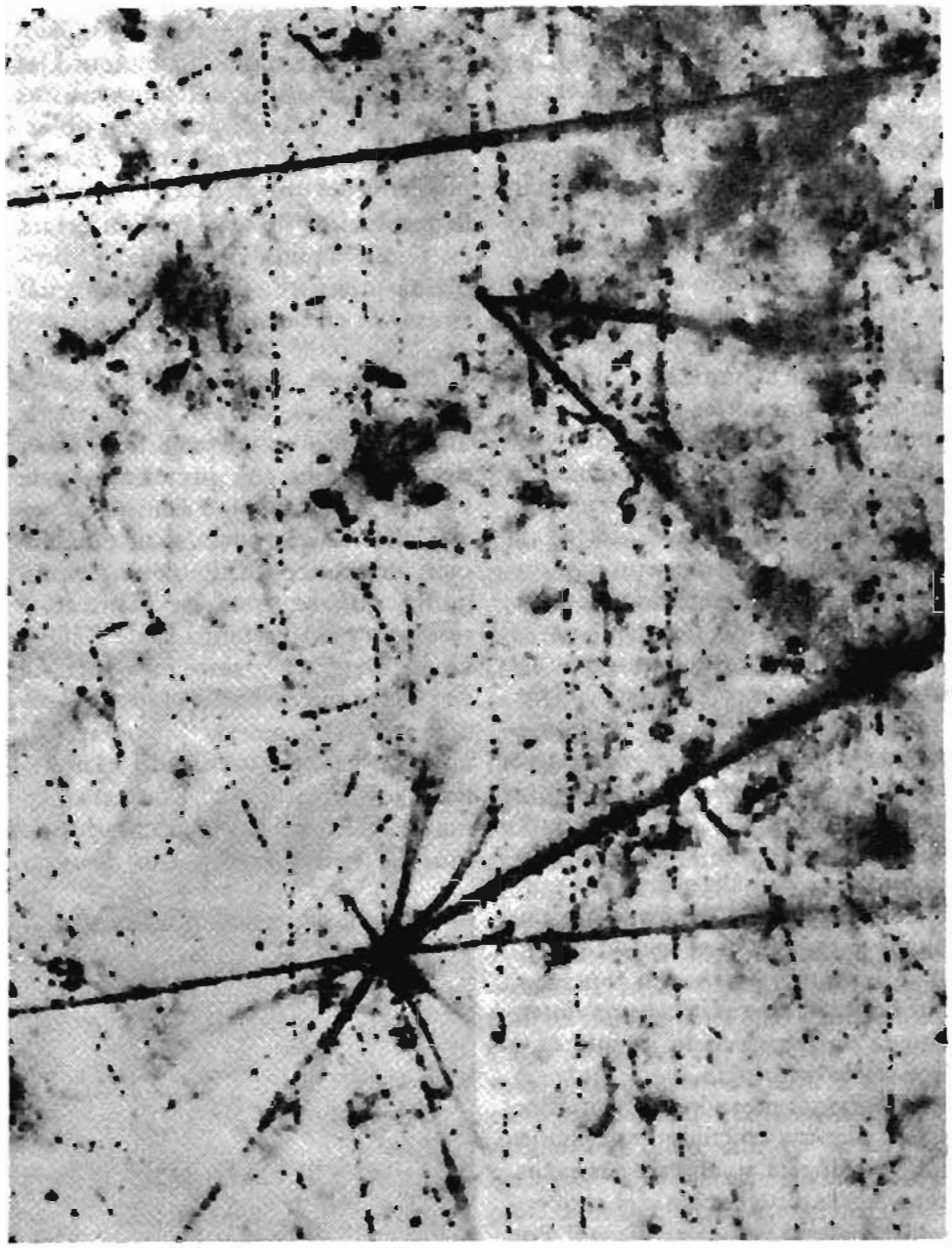
Esta embrollada madeja de hilos es en realidad un modelo del átomo de uranio; las esferas concéntricas representan los estratos electrónicos, los hilos las órbitas de los electrones.

elucidación del concepto de materia y examinar sus dificultades.

Sin embargo, antes de entrar en la problemática propiamente dicha, es conveniente decir dos palabras acerca de por qué estimo importante el problema de elucidar el concepto de materia en la forma en que se hará aquí, es decir, desde el punto de vista ontológico. Existen dos motivaciones básicas para esta empresa:

a) *Motivación ideológica general:* la elucidación del concepto de materia subyace (o debería subyacer) a cualquier discusión sobre la ideología filosófica que llamamos "materialismo", que, por mi parte, entiendo fundamentalmente como una doctrina ontológica monista. El hecho de que en la mayoría de discusiones y estudios sobre el materialismo no se examine primero el concepto de materia de manera adecuada sólo habla en contra del método seguido en tales discusiones, no en contra de la necesidad, a mi entender obvia, de empezar con un examen de este concepto. Un materialista que no nos ofrezca un concepto razonablemente claro y preciso de materia antes de abogar por su doctrina ontológica es un materialista que no sabe lo que está defendiendo. (Este fue uno de los puntos esenciales expuestos en mi artículo "Por qué no soy materialista", *Crítica*, núm. 26, agosto de 1977.)

b) *Motivación metodológica particular:* una de las tareas básicas de la filosofía de la ciencia es analizar los supuestos semánticos y ontológicos de las teorías científicas. Esto se ha hecho poco hasta la fecha; la mayoría de los filósofos de la ciencia se han concentrado en el análisis estructural de las teorías científicas. Pero esto puede y debe cambiar en el futuro. Sin olvidar los importantes resultados obtenidos en la reconstrucción de las estructuras de las teorías científicas, actualmente hemos alcanzado una fase en la que conviene complementar el estudio puramente estructural con el análisis de los supuestos ontológico-semánticos de las teorías científicas. Ahora bien, aunque el concepto de materia no aparece explícitamente en las formulaciones estándar de la gran mayoría de teorías científicas, muchos científicos y filósofos piensan que "materia" es una de las nociones básicas que intervienen en la caracterización del dominio al que se refiere la mayoría, si no la totalidad, de las teorías científicas, especialmente las de la física. Para indagar hasta qué punto esta opinión es correcta y en qué sentido o sentidos se presupone alguna noción de materia en las teorías físicas, es preciso comenzar con un recuento sistemático de las formas posibles en que esa noción puede entrar en la base ontológica de dichas teorías.



La estrella representa la desintegración de un átomo después de la colisión con un protón, fotografiada en una cámara de niebla.

Hasta donde alcanzo a ver, el concepto de materia ha aparecido principalmente dentro de cuatro esquemas conceptuales distintos, que han ejercido y aún ejercen una gran influencia en el desarrollo de las discusiones científicas y filosóficas. Los cuatro esquemas son otras tantas formas posibles de usar ese concepto, o mejor dicho, ese *término* en la construcción de una ontología general. Naturalmente, estos cuatro esquemas no siempre han aparecido en forma clara y bien

delimitada, a veces se han mezclado entre sí o han adoptado subformas especiales. Sin embargo, al menos como primera aproximación, me parece válido y útil para una ulterior discusión identificar esas cuatro formas posibles de hablar sobre la materia.

Primer esquema: materia como sustrato común universal

Esta es la forma de entender la materia más elemental y menos dependiente del desarrollo científico. Dentro de este esquema, la materia aparece como el denominador común de todas las cosas reales o existentes. Y dado que, a primera vista al menos, las cosas que aparecen a nuestro alrededor son muy distintas entre sí y poseen propiedades no sólo diversas sino hasta mutuamente incompatibles, este esquema supone que, a pesar de las apariencias en contra, hay un *sustrato* común a todas las cosas, aunque no lo percibamos directamente. Es decir, se supone que hay una realidad *"detrás"* o *"por debajo"* de lo que percibimos, de la cual, aunque no sea percibible mediante nuestro aparato sensorial, podemos estar seguros que existe (no siempre se dice claramente cómo y por qué podemos estar seguros de tal cosa). En resumen, se trata de lo que podríamos denominar la teoría del *sustrato universal recóndito*.

Como ha puesto de relieve Stephan Toulmin en su artículo sobre la materia en la *Encyclopedia of philosophy*, este concepto, por lo demás muy inespecífico, se retrotrae a la *"hylé"* de los griegos y es la noción en la que piensa vagamente el hombre común no especializado en ciencia o filosofía cuando habla de materia.

Esta concepción de la materia es también la más estrechamente ligada tradicionalmente al materialismo como doctrina ontológica monista, ya que, en general, para esta doctrina se considera relativamente irrelevante qué especificaciones del concepto de materia se adopten: lo único que importa es que se admita la existencia de ese sustrato recóndito y universal.

Tratemos de precisar este esquema para facilitar su discusión. Para ello hemos de presuponer que entendemos qué quiere decir que algo es real, o sea, que conocemos los usos del predicado "es real". El término "Materia" dentro de este esquema es entonces un predicado que admitimos con referencia fáctica, o sea, no puramente formal, aunque tal referencia suele dejarse inespecificada. Este predicado, llamémosle *M*, se refiere a un sustrato universal en el siguiente sentido: *M* es el único predicado tal que, para

cualquier teoría *T* cuyo dominio de definición *D* contenga objetos reales, se cumple que *M* se aplica a todos los objetos de *D* —aunque el predicado *M* normalmente no aparece explícito en la formulación de *T*: por eso es *M* un predicado "recóndito".

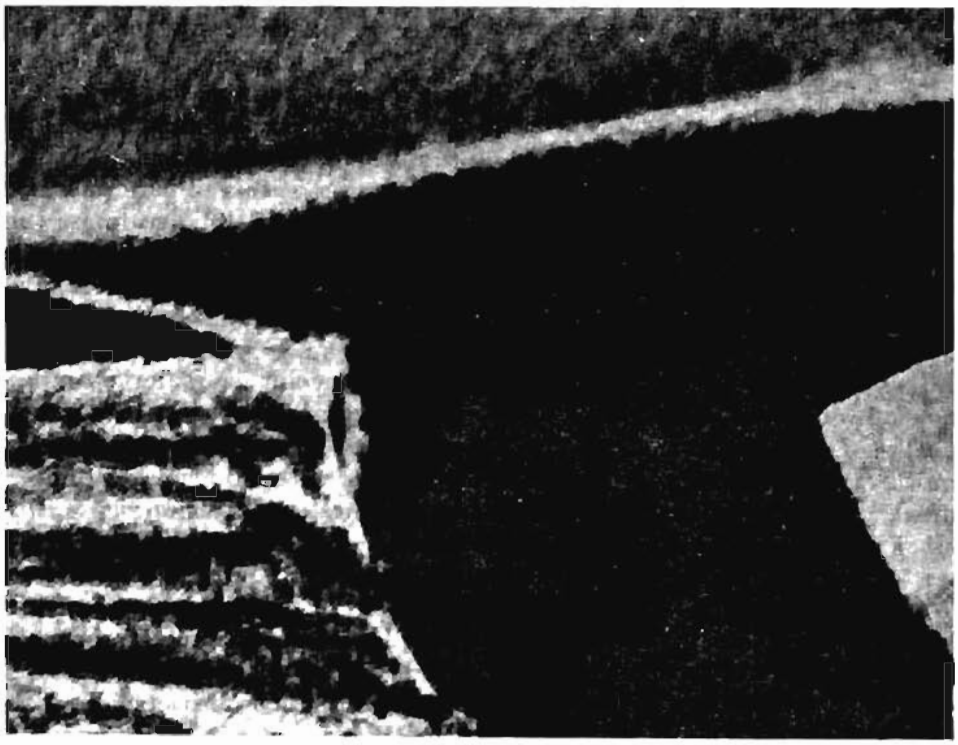
Las dos dificultades básicas que veo en esta comprensión del concepto de materia son las siguientes.

1) Si no diferenciamos claramente los criterios de aplicación de *M* de los criterios de aplicación del predicado "es real", cosa que no se hace dentro de este esquema, entonces es difícil ver que los predicados "es material" y "es real" no son analíticamente sinónimos. Es decir, en tal caso es difícil ver que, al afirmar "todo lo real es material", como afirma el materialismo, estemos afirmando algo más que "todo lo que hay es real", o sea, "todo lo real es real", lo cual, evidentemente, no es afirmar gran cosa.

2) Concebir la materia simplemente como un sustrato universal es una determinación ontológica pobre de contenido, puesto que no agota nuestras intuiciones presistemáticas de lo que significa ser materia. En efecto, podríamos idear doctrinas de sustrato universal recóndito que interpretaran el predicado *M* de modo intuitivamente incompatible con la interpretación anterior. Por ejemplo, podríamos interpretar *M* como "es espiritual" (como hizo Leibniz), o bien como "es una sensación" (como hicieron Berkeley, Mach y otros fenomenalistas), o bien como "es energía" (como propugnaron Ostwald, Helm y otros adalides de la energética), o finalmete como "es un campo electromagnético" (como propusieron Abraham y Lorentz). Intuitivamente, está claro que quisiéramos poder distinguir la referencia de todos estos predicados de la de "es material". Pero el esquema que examinamos no nos proporciona la menor indicación en este sentido.

Segundo esquema: la materia como lo opuesto al espíritu

Este esquema funciona como una oposición entre dos formas ontológicas básicas, de las cuales una se suele describir como lo espiritual o lo mental, y se caracteriza por no estar localizada espacio-temporalmente y por ser en algún sentido activa o dinámica. Generalmente se supone dentro de este esquema que lo mental es específico de los seres humanos, por oposición a otras formas de vida, y en muchos casos también de seres "superiores" no perceptibles, llamados dioses, demonios, espíritus, etc. La materia se define entonces por oposición a lo



espiritual o mental, y en este enfoque suele caracterizarse como algo pasivo.

Una subforma menos espiritualista de este esquema, en vez de hacer uso del concepto de espíritu o mente, se limita a presuponer que entendemos las nociones de "yo" y "voluntad", y define la materia como lo que se opone, o se resiste, a "mi voluntad".

Está claro que este esquema se adecúa a la doctrina ontológica conocida como *dualismo*, según la cual puede establecerse dentro de lo que hay una dicotomía tajante e irreductible entre una realidad material y una realidad espiritual o mental. En términos más formales, se admite que, por lo menos para algunas teorías (por ejemplo, teorías psicológicas), hay dos predicados básicos, llamémosles M_1 y M_2, con referente fáctico, tales que: para todo individuo x del dominio de las teorías en cuestión: $M_1 x$ si y sólo si no es el caso que $M_2 x$.

No obstante, mediante una argumentación de lógica curiosa, a veces también se usa este esquema para apoyar una concepción monista, concretamente materialista. En efecto, primero se define la materia como lo que se opone al espíritu o a la voluntad del Yo, y posteriormente se pasa a la negación de la existencia del espíritu o de un Yo independiente de la materia, con lo cual sólo quedaría la materia como realidad. Es decir, se intenta caracterizar lo real mediante la negación de lo que se supone que son las características de lo irreal. Esta es la estrategia de muchos *soi-disant* "materialistas" para fundamentar su posición.

Con esta última observación apuntamos ya a la dificultad central de este esquema, a saber: cómo caracterizar los predicados "mental" y "material" de modo que por un lado correspondan a nuestras intuiciones y por otro resulten efectivamente predicados mutuamente excluyentes. Si definimos lo material por oposición a lo espiritual, pero no damos criterios claros de aplicación del predicado "es espiritual", entonces no estamos definiendo ni distinguiendo nada. Definir lo material como "lo que se resista a mi voluntad", aunque a primera vista parece más concreto, tampoco ayuda mucho, porque, aparte de que el significado del término "mi voluntad" no está nada claro; sea como sea que lo entendamos, parece intuitivamente obvio que hay cosas que no se resisten a mi voluntad, como ciertas partes de mi cuerpo, y que sin embargo consideramos materiales, mientras que, en cambio, puede haber cosas como dioses y demonios que, aun siendo considerados espirituales, se resistan a mi voluntad.

Tercer esquema: la materia como *"plenum"*

En este esquema, que puede ser aplicado, bien a una doctrina *monista* como la de la física estoica, bien a una *dualista* como la cartesiana, la materia se entiende como un continuo que llena el espacio, se la identifica con la extensión espacial o al menos se postula que en toda extensión espacial hay algo que siempre es lo mismo y que denominamos materia (*"pneuma"* en los estoicos, *"res extensa"* en Descartes). Puede considerarse que la teoría de la relatividad generalizada, al menos bajo cierta interpretación de esta teoría, también apoya una identificación de la materia con el espacio. Las propiedades geométricas del espacio serían simplemente lo que llamamos propiedades de la materia.

Otra teoría física que toma la materia como un *plenum* continuo, aunque de un modo distinto al de la relatividad general, es la dinámica de Boscović, en la que se admite un continuo de partículas materiales de diversas clases. Los puntos de la recta real se identifican aquí con las partículas materiales, con lo cual se pretende justificar ontológicamente la aplicación del análisis matemático a la dinámica física.

La nota común a estas concepciones continuistas de la materia es pues la siguiente: se admite que el predicado único "es material" (o uno análogo) conviene a cualquier punto espacial.

La dificultad básica en este esquema estriba en que no está claro cómo distinguimos el predicado "es material" del predicado "es espacial" o, dicho de otro modo, cómo distinguimos las propiedades puramente materiales de las puramente geométricas de las cosas. Si no disponemos de criterios que nos

permitan distinguir una cosa de la otra, la identificación de la materia con un continuo espacial no nos dice nada, es una tautología. No creo que hasta la fecha se haya conseguido dar con tales criterios, ni siquiera en la fundamentación de la relatividad generalizada. Esta dificultad, naturalmente, va asociada a la dificultad en construir una ontología científicamente aceptable de lo que llamamos "espacio" o "espacio-tiempo", problema que sigue en pie, a pesar de los esfuerzos de los filósofos de la relatividad.

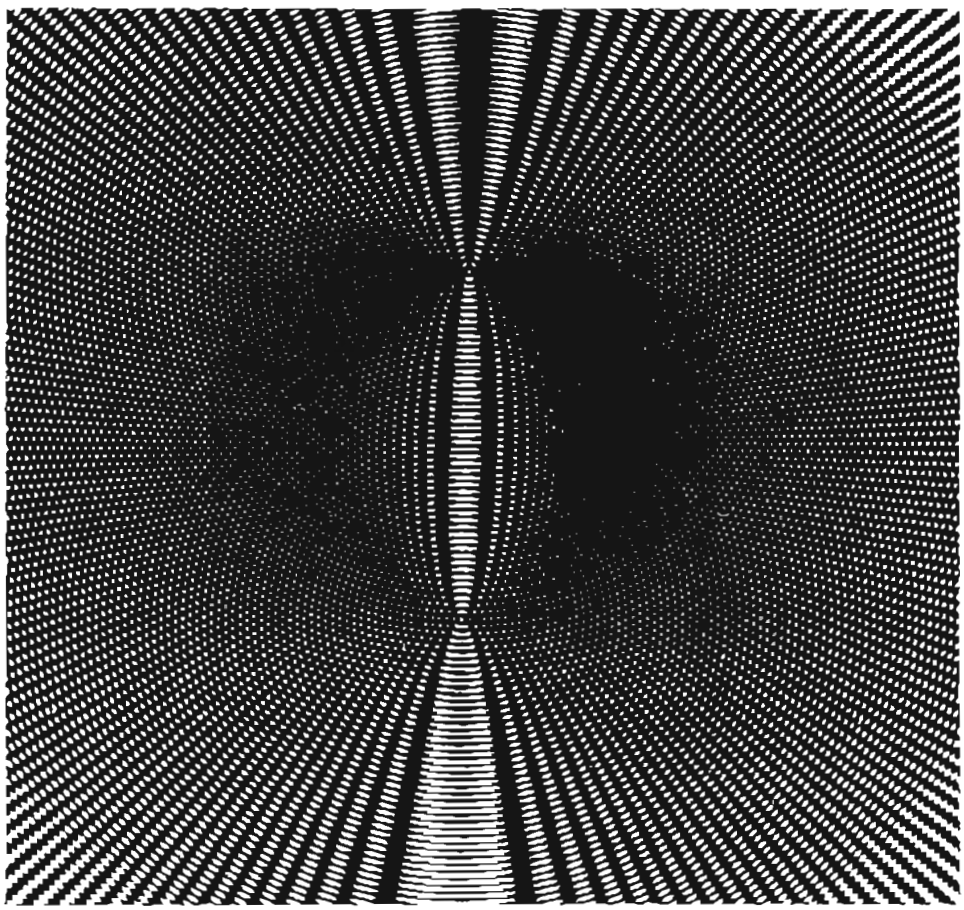
Cuarto esquema: la materia como lo indivisible

La idea de que la materia es una realidad numéricamente distinta y fácticamente indivisible se retrotrae a los atomistas griegos. Esta ha sido, y aún es, la concepción de la materia más articulada y más influyente en el desarrollo histórico de la filosofía y de la ciencia. Todavía subyace a las intuiciones de la mayoría de los físicos actuales, a pesar de los revolucionarios cambios conceptuales por los que han tenido que atravesar las últimas generaciones de físicos.[1]

Según esta idea, la materia consistiría en un número muy grande, quizás infinito, de entidades invisibles por sus dimensiones ultramicroscópicas, pero que ciertamente ocupan un cierto espacio finito; no son por tanto puntuales como las de Boscović. la materia en su totalidad sería así algo particulado, discreto.

El nombre de esas bolitas últimas ha cambiado con la evolución de la ciencia. Primero fueron los *átomos*. A partir de fines del siglo pasado se vio que los supuestos átomos no eran tales átomos en el sentido genuino de la palabra, ya que estaban compuestos de otras entidades aún más minúsculas, a las que luego se llamó *partículas elementales*. Durante unos setenta años se consideró que no había nada más allá de las partículas elementales. Hace una década aproximadamente se planteó la posibilidad de que las partículas elementales tampoco pudieran ser llamadas propiamente tales, sino que a su vez estuvieran compuestas de los llamados *"quarks"*. (Esta vez, escamados por la historia anterior, parece que los físicos no se animaron a bautizar las nuevas entidades con algún nombre tan comprometido como "átomo" o "partícula elemental", sino que curándose en salud, echaron mano de la fantasía literaria.) La teoría de los quarks ha gando mucha popularidad entre los físicos de altas energías en los últimos años, si bien otros físicos teóricos se sienten molestos por ese proceso de sucesivas atomizaciones que no parece tener fin, como un juego de cajas chinas. Sea como sea, para la discusión presente es relativamente irrelevante que tomemos como objeto de análisis conceptual los átomos clásicos, las partículas elementales o los quarks de moda. En el contexto presente podemos hablar indiferentemente de átomos o partículas, pues de entidades por principio indivisibles es de lo que se trata en última instancia.

Aunque esta concepción atomista de la materia se ha solido asociar a las formas más populares del materialismo y, por tanto, a un monismo ontológico, lo cierto es que, si la analizamos detenidamente, nos lleva más bien a un dualismo por un lado y a un pluralismo por otro. El dualismo ontológico inherente a la concepción atomista de la materia proviene del hecho de que esos átomos deben estar espacialmente separados entre sí (de lo contrario obtendríamos el tercer esquema de la materia como continuo a la Boscović). Debe haber algo real que separa los átomos. Esta segunda realidad, que es el sostén ontológico de los átomos, es el vacío. El vacío de la física moderna no es una mera no-entidad, como quizás fuera para los antiguos, sino algo real provisto de propiedades reales: fundamentalmente las propiedades de campo de



[1] Una cosa son las teorías abstractas que han tenido que aprender las nuevas generaciones de físicos, y otra sus imágenes intuitivas, de las que se valen en su trabajo aunque no lo digan. Entre esas imágenes sigue jugando un gran papel la de que la materia está constituida por una especie de bolitas diminutas que se mueven y chocan en el espacio.

interacciones entre partículas. En consecuencia, según este esquema hay dos clases de cosas radicalmente distintas: átomos y vacío (o campos). Es decir, obtenemos un dualismo átomos-vacío o, si se prefiere un lenguaje más moderno, partículas-campos.

Por otro lado, para explicar gran parte de las propiedades macroscópicas de las cosas que observamos, especialmente las propiedades químicas, no sólo debemos admitir que los átomos son numéricamente distintos, sino que tienen propiedades distintas, por lo que el conjunto total de átomos se divide en varias clases de equivalencia: hay diversos tipos de átomos o partículas. Es decir, el predicado "es material" no se elucida completamente como "es una partícula", sino más bien como "es una k-partícula", donde k es una variable para los distintos tipos de partículas. En este sentido, el presente esquema es pluralista.

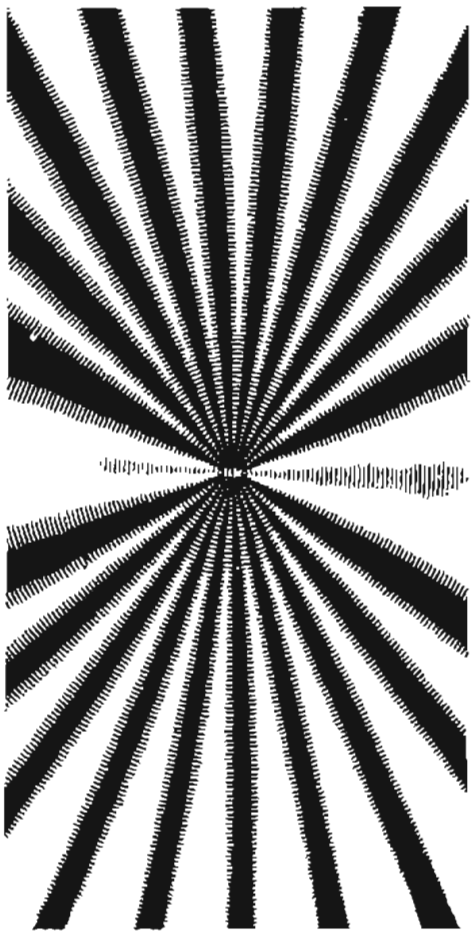
Vale la pena detenerse un poco en las características básicas de los átomos que están presupuestas en este esquema.

1) Los átomos están localizados en el espacio, con lo cual se presupone que tienen límites y formas espaciales bien determinables.[2]

2) Los átomos son móviles. A ellos se aplica genuinamente el concepto de velocidad, y por tanto también el de aceleración y el de fuerza aplicada.[3]

3) Los átomos se mueven *en* un medio, el vacío. Ahora bien, para la física actual este medio no es algo completamente inerte y amorfo, sino que posee importantes propiedades físicas: propiedades de campo de fuerzas o interacciones.

4) Otras dos características fundamentales que han jugado un gran papel en el desarrollo de la concepción atomista de la materia, pero que en la actualidad son cuestionadas (con lo que el atomismo ha perdido parte de su atractivo), son la de eterna duración o indestructibilidad, y la de masa de los átomos. El postulado de indestructibilidad, formulado ya explícitamente por Lucrecio, y que fue uno de los pivotes de la química daltoniana, se vino abajo ante los experimentos de creación y aniquilación de partículas elementales. En cuanto a la masa, atomistas clásicos como Torricelli consideraban que ese atributo era necesariamente inherente a la idea misma de átomo o partícula. Todavía a fines del siglo pasado, Charles de Freycinet afirmaba en una obra de filosofía de la ciencia bastante popular entonces: "Si yo tuviera que definir la materia, diría: la materia es todo lo que tiene masa."[4] Pero ya algunos años antes, algunos autores críticos, sobre todo Mach en su artículo "Uber die Definition der Masse", habían cuestionado la supuesta necesidad del concepto de masa. Para Mach, "masa" es simplemente el nombre de ciertas relaciones cinemáticas de los objetos materiales. Aunque en la actualidad este tipo de crítica de la noción de masa no es comúnmente aceptada ni por filósofos ni por físicos, la masa ha perdido su carácter fundamental para la materia por otras razones. En la física de partículas nos hemos acostumbrado a hablar de partículas de masa cero, como el fotón y el neutrino, y aunque esta noción de partícula hubiera parecido un absurdo a los atomistas clásicos, hoy, día ya no sorprende a nadie. (Así es la fuerza de la costumbre.)



En esta situación, las únicas propiedades fundamentales de las partículas con las que nos quedamos son su localización espacial y su movilidad en el vacío, sujeta a la acción de campos.

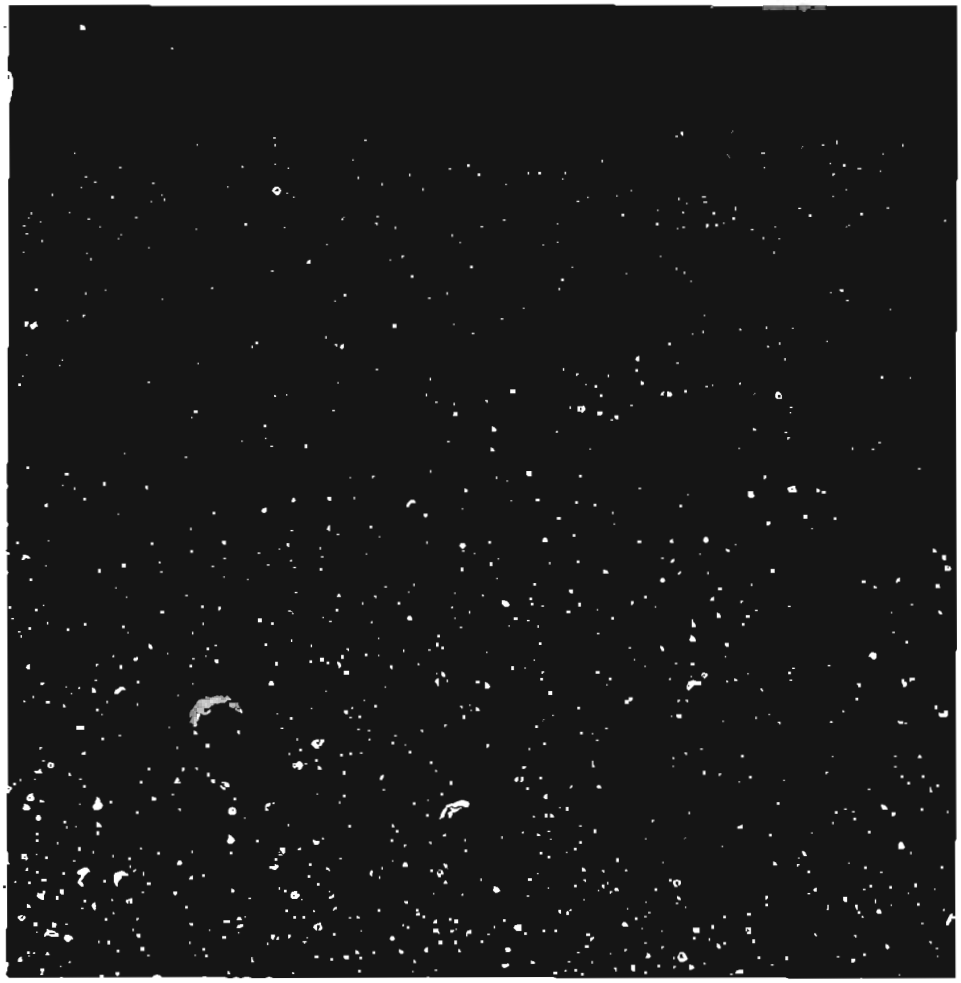
Veamos ahora cuáles son las dificultades inherentes a este esquema. En primer lugar está el problema de su localización espacial. Sabemos por mecánica cuántica que los límites espaciales de las partículas en cualquier instante dado no están, por principio, bien definidos, sino que se trata de una distribución probabilística. La idea de la materia como algo precisamente delimitado en el espacio ha perdido su sentido. Esto, sin embargo, parece chocar con una idea intuitiva básica: la de que la materia es algo en principio localizable. Si abandonamos esta propiedad, abandonamos algo que parece esencial a la noción misma de materia. Por añadidura, al admitir límites espaciales borrosos para las partículas, se hace más difícil también distinguir entre cosas que son partículas y cosas que no son partículas, es decir, entre materia y no-materia.

Otra dificultad conceptual en la idea de partícula está relacionada con la teoría de la relatividad. Que yo sepa, esta dificultad ha sido señalada por primera vez por Mendel Sachs en *The field concepto in contemporary science*. Si se incorpora el concepto de partícula a la

[2] Una expresión paradigmática de esta noción de materia discreta la dio ya Galileo: "Al concebir algo como material lo concibo como limitado y teniendo una forma determinada; teniendo tamaño relativo respecto a otras cosas; en algún lugar en determinado momento; tocando o no otros cuerpos; siendo uno en número o varios." *Discoveries and opinios of Galileo*, p. 274.

[3] La afirmación más clara que conozco de que la movilidad espacial es una característica esencial de la materia se encuentra en los *Metaphysiche Anfangsgründe der Naturwissenschaft* de Kant.

[4] *Essais sur la philosophie des sciences*, p. 168.



teoría de la relatividad y además se supone que una partícula, por ser indivisible, es algo que por definición reacciona como una unidad a cualquier acción externa, entonces las partículas deberían ser entidades puntuales. En efecto, la velocidad de cualquier interacción, según la teoría de la relatividad, es finita, y por tanto, si la partícula tuviera una extensión finita, una porción de la misma reaccionaría antes que otra y la partícula en su totalidad ya no sería una unidad indivisible. Por razones emparentadas, Margenau en su *Physics and philosophy* combatió la idea de que las partículas estén "llenas" de algo; para él son sólo singularidades del espacio, y por eso mismo, siempre según Margenau, tampoco se les puede aplicar propiamente la noción de movimiento, en contra de la idea básica kantiana. Ahora bien, por otro lado, la idea de las partículas elementales como puntos en el espacio vacío choca no sólo con nuestras intuiciones corrientes acerca de lo que debe ser la materia, sino también con la adscripción de dimensiones finitas para la mayoría de partículas que se estudian en la física de altas energías, adscripción que parece estar empíricamente bien fundada.

Una tercera dificultad está conectada con la pluralidad ontológica de las partículas en la física actual. En la actualidad se conocen más de 20 clases distintas de partículas elementales, algunas de ellas, como las famosas "resonancias", tan alejadas de cualquier intuición razonable de lo que puede ser una partícula material que se hace difícil catalogarlas como tales. Si tomáramos los quarks como los verdaderos átomos del Universo, esta pluralidad ontológica sólo disminuiría en número, pero no en cualidad, puesto que, aparte de que los quarks sólo sirven para explicar la constitución de los hadrones y no de todas las partículas, también hay que distinguir por lo menos seis tipos distintos de quarks. El problema que se plantea ante tal pluralidad es simplemente si podemos seguir hablando de *la materia*, en singular, como si se tratara de una realidad única. ¿No habremos de aceptar más bien que, en definitiva, hay distintos tipos de constituyentes últimos de la realidad, mutuamente irreducibles, y que seguir hablando de *la* materia es una piadosa reliquia del pasado? (Recuérdese que en los varios milenios de uso que lleva el concepto de materia, ésta ha solido presentarse como una realidad única y homogénea que pretende explicar unitariamente las diferencias y variaciones en el mundo percibido. Si al concepto de materia se le despoja de su carácter unitario, pierde mucho de su sentido y atractivo, al menos para el filósofo.)

He expuesto hasta aquí diversas formas conceptualmente posibles e históricamente dadas de entender el concepto de materia, así como las dificultades que plantean. El hecho de que la noción de materia sea multívoca y problemática no significa, empero, que haya que considerarla inútil o carente de sentido. Lo único que significa es que, antes de pronunciarse en forma decidida por alguna ontología universal en la que el concepto de materia intervenga esencialmente, debemos proseguir nuestros esfuerzos por aclarar el concepto y ver qué da de sí. En esta tarea es obvio que deben colaborar estrechamente científicos y filósofos.

Bibliografía

1. Freycinet, Charles de, *Essais sur la philosophie des sciences*, París, 1896.
2. Galileo Galilei, *Discoveries and opinions of Galileo* (comp. y trad. por Stillman Drake), Nueva York, 1957.
3. Kant, Immanuel, *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, en *Gesammelte Schriften*, t. 4, Berlín, 1911.
4. Mach, Ernst, "Uber die Definition der Masse", *Carls Repertorium der Experimentalphysik*, t. 4. Munich, 1868, pp. 355-359.
5. Margenau, Henry, *Physics and philosophy. Selected essays*, Dordrecht, Holanda, 1978.
6. Moulines, C. Ulises, "Por qué no soy materialista", *Crítica*, Núm. 26, México, 1977.
7. Sachs, Mendel, *The field concepto in contemporary science*, Springfield, Illinois, 1973.
8. Toulmin, Stephan, "Matter", *Encyclopedia of philosophy*, t. 5, Nueva York - Londres, 1967, pp. 213-218.

EL CONCEPTO DE MATERIA Y EL MATERIALISMO

SOBRE ALGUNOS ARGUMENTOS ANTIMATERIALISTAS RECIENTES

Mario H. Otero *

elementos núm. 10, año 3, vol. 2. Impreso en México

En lugar de considerar de modo amplio los problemas vinculados con el concepto de materia en las ciencias naturales he preferido presentar en esta ponencia: 1) algunos argumentos en relación con un difundido artículo de C. Ulises Moulines ("Por qué no soy materialista") dada la vigencia de la discusión generada a partir de él, especialmente en nuestro ámbito, y 2) un esbozo primario de cómo entendemos la relación entre materialismo y construcción científica del concepto de materia, estableciendo la apertura que para ésta produce el materialismo, aun considerado de modo muy limitado.

Sin perjuicio de que los propósitos de este trabajo queden así acotados es innecesario destacar el alcance de la temática dentro de la cual está situado. La elaboración gradual de éste adquiere de ese modo un sentido preciso.

* * *

1. El materialismo es para C. Ulises Moulines[1] una doctrina confusa, poco cautelosa, problemática, sujeta a benevolencia y generosidad, y a veces hasta de dudosa honestidad intelectual.

* Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM.

[1] "Por qué no soy materialista", *Crítica*, núm. 26, agosto de 1977. No expondremos de sus asertos sino el mínimo necesario remitiéndonos al texto. Por otra parte no consideraremos sino algunos aspectos de la argumentación de Moulines.

Los argumentos para probarlo siguen en lo fundamental la línea de 1) suponer que toda tesis materialista exige una definición de materia, y 2) que ésta debe darse fundamentalmente en el campo científico. La tesis materialista se expresaría para Moulines como que "sólo existe la materia", y supondría que "todo el mundo sabe lo que es la materia".

Como no todo el mundo sabe lo que es la materia y los técnicos capacitados para saberlo serían los científicos, en particular los físicos, y como además estos tampoco lo saben, la tesis materialista estaría desprovista de su base necesaria. Para ello, efectúa un recorrido de las teorías físicas —a través de teorías caducas o dominantes o a través de ciertas propuestas serias y plausibles— cuyo resultado se anonada como apoyo del materialismo. Luego, no hay razones para ser materialista.

Ahora bien, contra el método seguido por Moulines se ha sostenido que, más allá del estudio científico acerca de qué es la materia, es necesario un tratamiento filosófico de la cuestión, lo que parece indudable. Sin embargo, nos parece adecuado considerar aquí la propuesta metodológica de Moulines, independientemente de los argumento expresados en aquel sentido. Supongamos pues que correspondiese a los científicos determinar qué es la materia en todos los aspectos filosóficos relevantes o al menos en aquellos aspectos que resulten relevantes para una decisión acerca de la tesis materialista como Moulines sostiene.

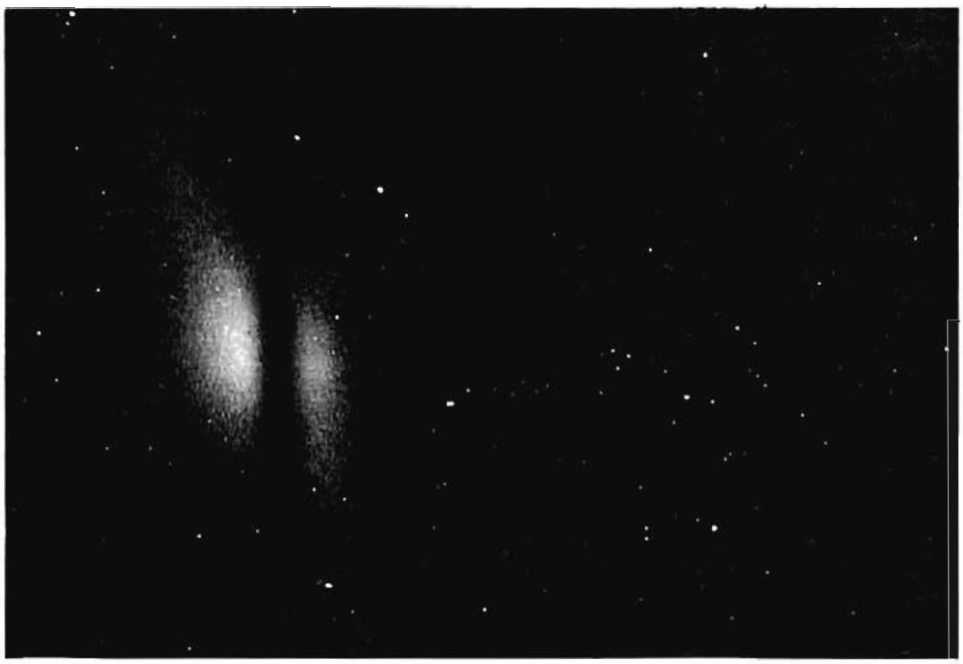
* * *

2. Estamos lejos de considerar hoy que basta en filosofía de la ciencia tener en cuenta los aspectos sincrónicos del conocimiento científico; todo nos dice que deberíamos incluir en ella aspectos diacrónicos significativos. Y en esta postura, aun en el caso que optemos por eliminar del estudio de la estructura del desarrollo científico la precaria noción de progreso, por inutilizable globalmente, aunque consideremos el crecimiento científico como no acumulativo, aunque demos a las revoluciones científicas una posición central en él, de todas maneras es claro que es necesaria una reconstrucción de cierta "continuidad" que elucide aspectos no despreciables del progreso científico. Hasta gentes como Sneed y los sneedianos han sentido la necesidad de establecer puentes entre teorías que se sustituyen y sus esfuerzos teóricos en torno al concepto de reducción aproximativa reflejan claramente esa preocupación.

Si el conocimiento científico "progresa" y lo hace de modo inconcluso, si las teorías científicas son sustituidas por otras teorías científicas "mejores" —y lejos estamos de poder despreciar este calificativo en todos sus aspectos, como el ejemplo referido bastaría para mostrarlo—, si no podemos aspirar científicamente a obtener una teoría *última* acerca de los entes físicos, entonces no podemos aspirar tampoco a pronunciar respecto a la tesis materialista un juicio derivado del hecho de que los científicos *no saben* hoy lo que es la materia. Dicho de otro modo, si la tesis materialista presupusiera que los físicos sí supieran qué es la materia, entonces eso presupondría también que contáramos con la teoría "final"; en otras palabras, que el desarrollo científico estuviera concluido, acabado. La tesis materialista tendría una presuposición absurda. Pero independientemente de lo que los materialistas piensen al respecto, entendemos, sobre la base indicada, que la propuesta metodológica de Moulines no se sostiene. Y aún si "progreso" y "teoría mejor" fueran irreconstruibles, hechos más tercos, difíciles de soslayar, de la práctica científica, abogarían en el mismo sentido. Resulta difícilmente pensable pues que el que los científicos carezcan de un "concepto científico de materia" pueda servir para excluir con ello la tesis materialista. Los argumentos antimaterialistas deberían pues seguir otro curso.

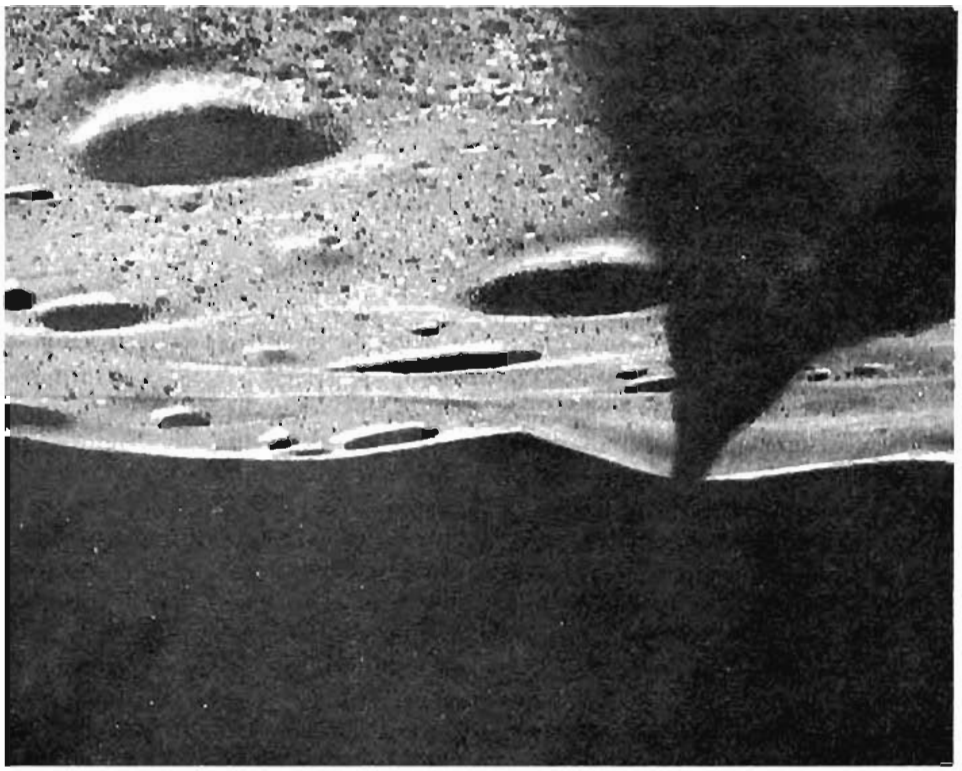
* * *

3. a) Recordemos que Moulines nos dice "el materialismo es una doctrina confusa", como si existiera *un* solo materialismo, o como si por lo menos se pudiera extraer un núcleo común de muy variadas tesis materialistas —incluidas muchas de ellas en teorías o proto-teorías filosóficas *diferentes*—, núcleo respecto al cual fuera pertinente extraer conclusiones de alcance para la variedad de tesis. Aunque luego se distinguen en el trabajo de Moulines formas burdas —dignas de activistas políticos, como si estos no fuesen muchas veces capaces de una fineza



y de un olfato de que tantos filósofos carecen— y formas más elaboradas, siempre se está dando por supuesto aquel núcleo común. Sin entrar a probar lo contrario —que no lo hay— consideramos dudosa aquella suposición y pensamos que debiera ser probada por Moulines, para las variedades más relevantes de materialismo (por ejemplo para el reduccionista y para el no-reduccionista, entre otros). Pero es historia que no nos compete ahora.

b) Recordemos igualmente que Moulines considera sobre todo la materialidad *del mundo físico*. Se le ha señalado por parte de sus contradictores[2] que el problema mente-cuerpo es también relevante para su tema y central. Sin embargo consideramos pertinente una focalización como la efectuada por Moulines para su objetivo. Para dar las razones por las que no es materialista sería suficiente que deshiciera las razones en favor de la tesis materialista en ese ámbito "limitado" (no tan limitado, por cierto.) Por otra parte, en una amplia e influyente tradición



materialista, sea por motivos tácitos o no, se encara el problema así, con lo que el ataque podría ser también razonablemente efectuado de ese modo.

Moulines no cuestiona que los físicos se ocupen de la materia e intenten "definirla". Esto lo distancia de posiciones —instrumentalistas— según las cuales los físicos sólo se ocuparían de estudiar comportamientos de puntos materiales o de campos o de otras más sofisticadas entidades físicas. Al dar como respondible científicamente pregunta tan abarcante y sustantiva como ¿qué es la *materia*?, parecería presuponer —de lo que no estoy para nada seguro— que las teorías físicas tienen un referente común o que se ocupan *de lo mismo*, aún más allá de las revoluciones científicas. Este es un punto relevante del problema, que Moulines no considera, dando por supuesto con todo que los físicos sí podrían "definir" qué es materia. Por otra parte allí podría buscarse una salida complementaria a nuestro argumento expuesto en 2., no ya para resolver científicamente la sostenibilidad de las tesis materialistas sino para establecer un vínculo innegable y privilegiado entre las tesis materialistas y el desarrollo del conocimiento científico. Lo cual nos regresaría al carácter progresivo e inconcluso, procesual, de ese conocimiento *y a su relevancia filosófica*. Pero esa es también otra historia.

* * *

4. Convergentemente con el argumento de Moulines reseñado en 1, se presenta otro. "Quien afirma que 'todo es materia', pero no tiene una idea razonablemente clara de qué es la materia, entonces se halla en una posición tan incómoda como la de alguien que afirmara 'todos los que viven enfrente son ugrofineses' y no supiera qué son los ugrofineses." (p. 26) Moulines rechaza las determinaciones no-científicas y como vimos es realmente difícil que los físicos puedan decirnos qué *es* la materia. Parecería además que "materia" y "ugrofinés" no son por eso mismo términos comparables, por lo menos en cuanto a su definibilidad o determinabilidad de contenido, aún no definicional. Pero el argumento se plantea por otra parte del modo siguiente: pretender que "todo x es P"[3] —dudosa reconstrucción abs-

[2] Enrique Villanueva, "Acerca de la creencia filosófica en la materia", *Crítica*, núm. 28, abril de 1978. Alvaro Rodríguez Tirado, "¿Qué es la materia?", *Crítica*, núm. 30, diciembre de 1978.

[3] ". . . que todas las cosas que existen pertenecen a una categoría determinada" (p. 34).

tracta de una tesis materialista sería—exigiría dar una caracterización no vacua del predicado P, "a base de condiciones empíricas que sean al menos un poco restrictivas (que no las pueda cumplir cualquier cosa imaginable)" (p. 34). De lo contrario, según Moulines, decir "todo x es P" es no afirmar nada, ya que P podría ser elegido a gusto. Y asimismo, "es difícil imaginar que pueda determinarse satisfactoriamente un predicado tal que convenga por igual a todas las cosas que existen" (p. 34).

Una suposición del argumento es, de nuevo y correlativamente a la señalada para el argumento de los ugrofineses que todos los predicados son igualmente determinables. Pero no es lo mismo determinar P en "x es P" que en "todo x es P" como presunta reconstrucción de la tesis materialista. Como vimos Moulines exige que P sea aplicable a todo lo que existe y que no lo sea a cualquier otra cosa imaginable. Es decir un predicado que distinga entre lo que existe y lo que no existe, o existe sólo en la imaginación. Construir tal predicado es de nuevo construir la ciencia toda, tenerla concluida, acabada. Ahora bien, visto el carácter procesual del conocimiento —y del científico en particular—, podría pensarse que el desarrollo inconcluso de la ciencia consiste en la determinación gradual de ese predicado. Las condiciones empíricas "al menos un poco restrictivas" serían aportadas a nuestro modo de ver justamente por la producción científica. Pero, justo es reconocerlo, eso no alteraría la decisión presente acerca de la tesis materialista sino a lo más situaría a la ciencia, a este respecto, en la construcción de un predicado.

O bien exigimos saber científicamente ya qué es la materia —cosa absurda—, o bien hacemos del "materialismo" una falsedad analítica por el modo de plantear el problema. Sin embargo, no creemos que sea esto lo que Moulines intente, vista su argumentación en base a su recorrido de teorías científicas sucesivas. Pero, además, ¿la tesis materialista es, aun abstractamente enunciada, "todo x es P"? o, algo menos abstractamente, ¿"sólo existe la materia"?

Responder a estas preguntas sería proponer una tesis materialista y compararla con aquellas propuestas. Nuestro camino ha sido otro: tratar de mostrar que los argumentos utilizados suponen siempre la existencia de la super teoría científica final, el acabamiento de la producción científica. Si aquel ente teórico y este dudosísimo, agotador, prematuro final, no tienen consistencia real, entonces el curso de las críticas antimaterialistas debe ser otro.

* * *

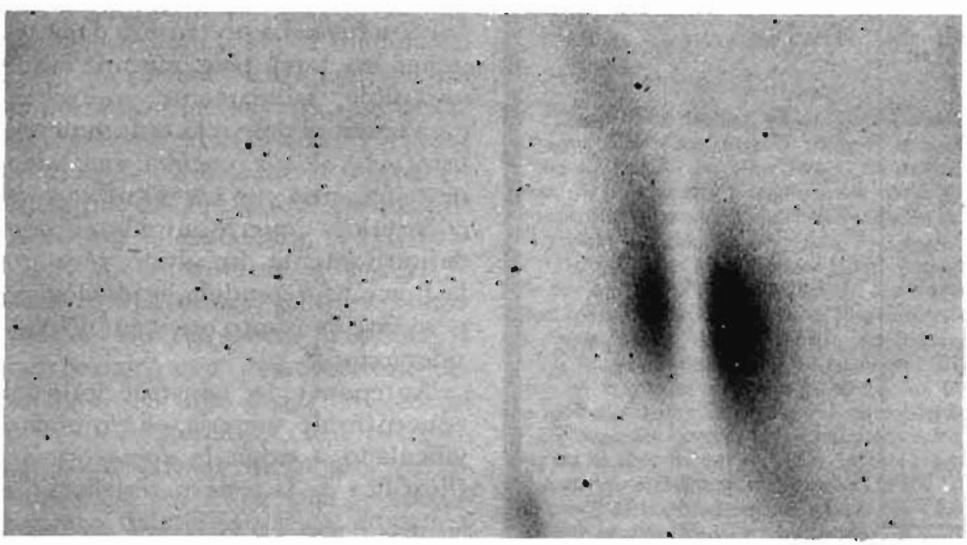
5. Moulines entiende que una teoría materialista que se precie debe poder demostrar la falsedad en principio, la incoherencia, de cosas que para Moulines no son contradictorias en sí mismas, como por ejemplo la convicción de Newton de "que la gravitación y las fuerzas electromagnéticas eran efectos espirituales de una realidad espiritual" y de que ello era perfectamente compatible con su concepción atomista de la materia. Parece obvio que eso sería exigible de una tesis materialista que pretende ser demostrable deductivamente o muy poco menos. Pero ello es apenas pensable y sólo en la medida en que una filosofía delire al punto de pensar que la deducción es la reina exclusiva del pensamiento racional. Y esto, un materialismo serio no puede suponerlo.

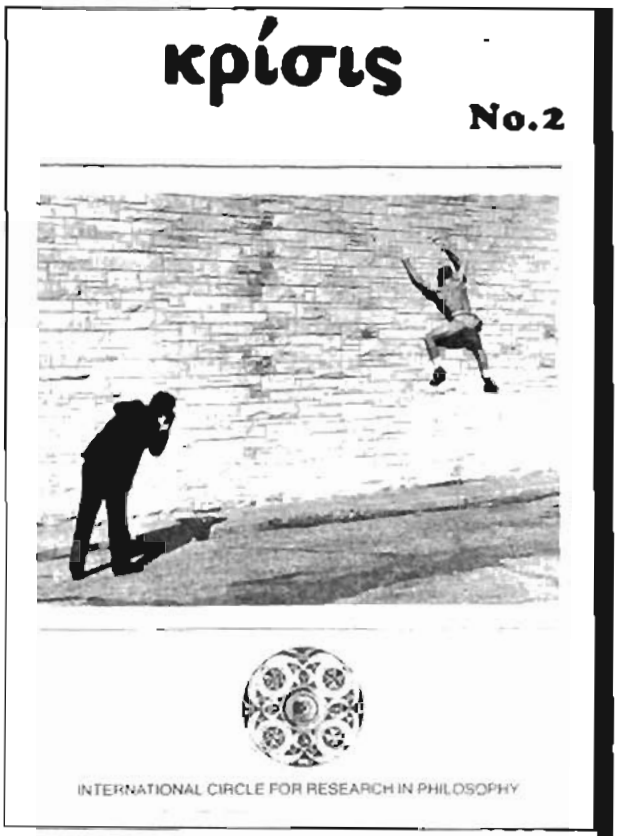
* * *

6. Si no como conclusión, como profesión de fe Moulines nos dice que la realidad es heterogénea y que "hay de todo en la viña del Señor", lo cual le parece más sensato. Sería bueno poder considerar tan indeterminada y por ahora frondosa, exuberante, ontología, si su misma indeterminación no nos frenara. Imposible resulta construir argumentos en su contra. Más difícil que contra el materialismo. . . y hasta que con el idealismo. El idealismo, "doctrina aún más confusa e implausible que el materialismo" en palabras de Moulines (p. 35), posee sin embargo su recurrencia, merecedora de mayor consideración que aquél. A tal punto que justamente *recurre* en las últimas líneas del trabajo cuando éste se remite a las solas "conclusiones que hay que sacar de un análisis conceptual correcto" (p. 36). Garantía ficticia de que el materialismo, por más simpático que —por antioscurantista, antimístico, antireligioso, antiromántico, y anticuento-de-hadas—, resulte, no tendría futuro. Pero los argumentos presentados no abundan tampoco en ese sentido.

* * *

7. Supongamos en lo que sigue un núcleo común, *incompleto*, de las tesis materialistas: la afirmación de la existencia del mundo material



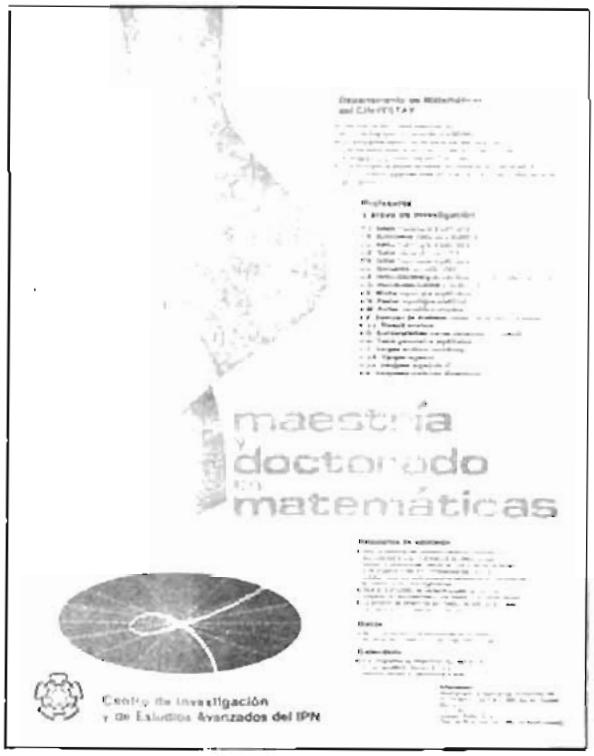


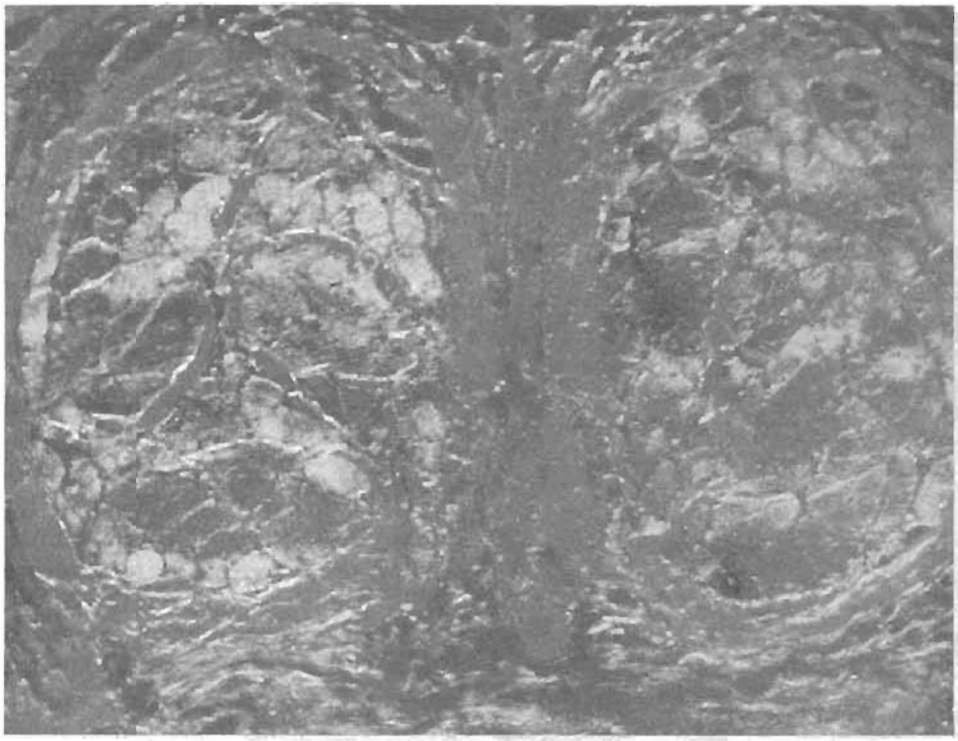
con independencia de los sujetos, de mis pensamientos y de todo conocimiento, aun del científico; esa afirmación comporta además la primacía de esa formulación, ontológica si se quiere llamarla así, frente a toda respuesta concerniente al conocimiento y, como es obvio, a toda teoría del conocimiento que se pretenda construir, sin para nada excluirla en definitiva; sería la primacía "del ser frente al pensar". La tesis así presentada apunta a la *presuposición* de las prácticas de los hombres –incluidas las de los filósofos idealistas, caso exquisito de actuar humano y las de los criptoidealistas, exquisito también–, y en particular a la presuposición de toda actividad científica, que es lo que nos interesa más aquí.

Ahora bien, ¿es tarea filosófica demostrar esa existencia y esa primacía?, ¿puede situarse dentro de la filosofía, aisladamente considerada, una respuesta fundada por sí o por no? Postergaremos la respuesta a estas preguntas. ¿O acaso es tarea filosófica disolver las pretensiones "filosóficas" en aquél sentido? Igualmente postergaremos aún la respuesta a esta pregunta, desconfiando fuertemente de la reiterada propuesta de la filosofía como "solvente universal" de problemas filosóficos auténticos o no, y de tantos otros más urgentes y necesarios.

Con todo cabe preguntarse por la función que cumple *anteponer* la construcción filosófica del concepto de materia a la de entender la tesis materialista como presuposición, más o menos salvaje, de la actividad cognoscitiva. La pretensión de anteponer esa tarea propone una labor imposible, sabidamente imposible, para cerrar el paso a la tesis materialista; es volcarle encima una tarea de tal cuantía –su magnitud se verá en seguida– que le impida el paso definitivamente. En último término la función pretendida es ideológica, pero éste es asunto que aquí no consideraremos.

Anteponer la construcción del concepto de materia es propósito vinculado a exigir la *demostración* filosófica de la tesis materialista o a constatar su imposibilidad *como si*





esto fuera el tiro de gracia a las tesis materialistas. Pero con ello se olvida el carácter propio de las demostraciones, y en primer lugar de las deductivas.

Las demostraciones deductivas tienen su caso paradigmático en teorías agudamente desarrolladas, justamente deductivas —sea de la matemática o de la lógica—; ya desde Aristóteles sabemos que ellas poseen términos y proposiciones primitivas y que toda "demostración" que se pretenda fuera de esa base es inviable y absurda. Dada la elaboración profunda de aquellas teorías no molesta —por otras razones— el hecho de que los teoremas estén "contenidos en" y presupongan los axiomas. En la medida en que una deducción *de ese tipo* sea importada a la filosofía, ese carácter sigue no molestando. Y en ese sentido la deducción es eficaz en filosofía. Es aún eficaz en muchos trozos de filosofía por la clarificación que introduce a partir de oscuros vislumbres. pero en la medida en que se quiera proponer, o aún exigir, una demostración deductiva de una tesis tan general como la materialista, se incurre en círculos viciosos fácilmente detectables. En particular, una demostración de ese tipo supone premisas que incluyen más o menos veladamente —más biene menos—, la tesis a demostrar. Y es imposible que no suceda así. Porque dado el alcance de la tesis "a demostrar" no pude ser de otro modo. De esa manera, la exigencia de demostración —y correlativamente de construcción del concepto de materia— es excesiva por principio.[4]

Por otra parte se piensa en "demostraciones" no deductivas[5] pero fácilmente se puede también ver su inanidad.

Correlativamente podría exigirse una demostración de la incoherencia de las tesis idealistas; es tarea sujeta a la misma inviabilidad. Mayor sentido tal vez pueda tener demostrar cosas como que cierto tipo de idealismo —quizás "el menos débil"— implica, de un modo u otro, una teología.[6] Si bien eso nos diría ya mucho, no es lo mismo, por su estructura, que la tarea de demostración propuesta tan a menudo de la tesis materialista. Pero es un ejemplo significativo de cómo utilizar filosóficamente la deducción en forma limitada pero válida aún en un campo de alcance tan general como el de la disputa entre materialismo e idealismo.

De cualquier modo todo lo dicho antes apunta nuevamente a que la tesis materialista alude a una *presuposición* de la práctica de los hombres y en especial de la práctica científica.

* * *

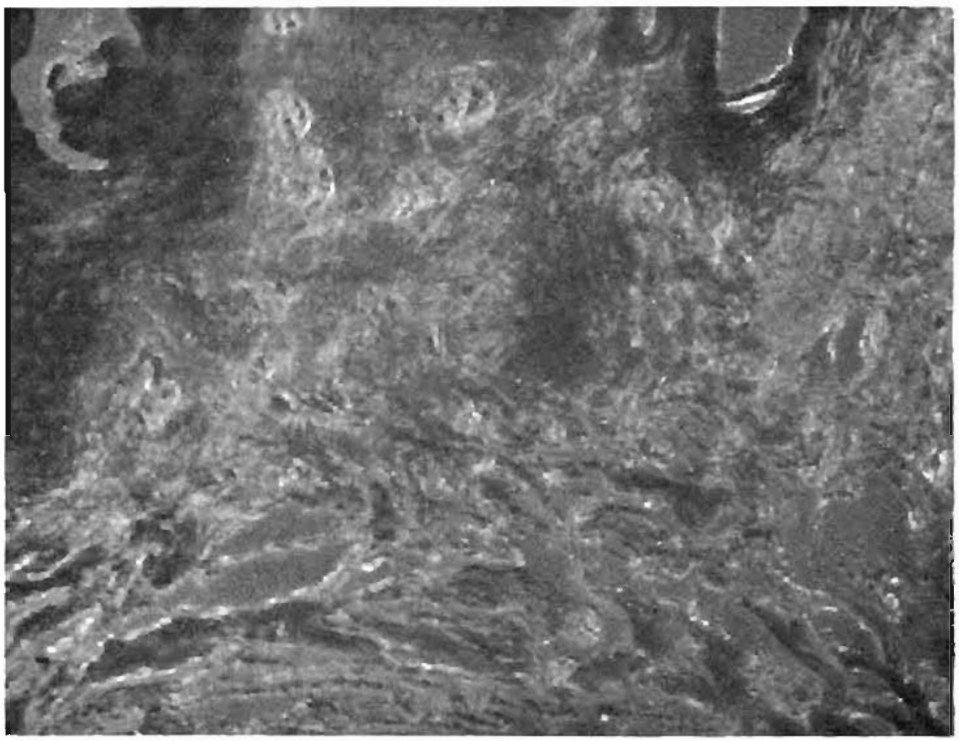
8. Supongamos en lo sucesivo que los objetos cotidianos de nuestra práctica manual y perceptiva por un lado y los objetos inobservables de las teorías científicas disponibles, por otro, no están separados por un hiato. Y en especial consideremos los dos tipos de objetos siguientes: 1) las creaciones tecnológicas que son, ya a esta altura, objetos cotidianos en el sentido indicado(la TV o el radio son más cotidianos que, por ejemplo, en el DF, el aire puro): y 2) los instrumentos científicos, sean sencillos o sofisticados. Estos dos tipos de objetos, entre otros, muestran la continuidad entre los distintos seres que pueblan el mundo material. Es innecesario precisarlo más.

Es cierto que la filosofía de la ciencia ha sido incapaz de efectuar una reconstrucción racional del conocimiento científico que vincule en general satisfactoriamente entes inobservables y base empírica, pero ello no obsta a que la práctica científica logre producir teorías cuya aplicación en objetos materiales tecnológicos de uso cotidiano sea lograda ni tampoco obsta a que se pueda hablar con sentido de una transformación del mundo aún en este aspecto; en un ámbito restrin-

[4] David-Hillel Ruben en su libro reciente *Marxism and materialism: a study in marxist tehory of knowledge*, New Jersey, Humanities Press, 1977, muestra acabadamente cómo las demostraciones deductivas del materialismo son por principio imposibles.

[5] Del tipo de la intentada por Hilary Putnam ("What is realism", *Proceedings of the aristotelian society*, N.S. v. 76, 1975-76), siguiendo las líneas de un trabajo inédito de Richard Boyd. El esquema de su demostración es: "(1) terms in a mature science typically refer, (2) the laws of a theory belonging to a mature science are typically aproximately true, (3) scientists act as they do because they belive (1) and (2) and their strategy works because (1) and (2) are true". El realismo sería entonces una hipótesis que explica (3).

[6] Ver este tipo de argumento en Ruben, *op. cit.*, aplicado al idealismo objetivo.



gido pero de alcance innegable. Justamente toda reconstrucción racional que se precie –y que incluya la verdad de las teorías científicas– debe explicar adecuadamente además esta "eficacia" del conocimiento. Es obvio que no es que la eficacia social pueda ser suficiente para esa verdad sino que cualquier determinación de la verdad que deje inexplicada la eficacia social no puede de ningún modo considerarse mínimamente adecuada.[7]

De ese modo el mundo material puede entenderse como constituido por cosas y procesos que van desde los cotidianos –ya naturales, ya artefactos corrientes–, pasando por microscopios electrónicos y aceleradores de partículas, hasta los "incluidos" en las teorías científicas disponibles digamos confirmadas. Como determinación preliminar ésta es escasa; sin embargo permite saber a qué aludíamos al principio del párrafo anterior con la expresión "mundo material". Una determinación mayor es posible por la vía de la ciencia; otra, que sea necesaria y suficiente y filosófica, que defina el concepto de materia –para "decidir" acerca de la tesis materialista– o de objeto material, es por principio imposible. De otro modo, como vimos, el carácter procesual básico del conocimiento, en particular del científico, sería improcedentemente soslayado.

* * *

9. Ese mundo material es conocido progresivamente por el conocimiento científico. En ese sentido se dan dos tesis materialistas correlativas y complementarias de la tesis básica (realista): 1) la existencia material es supuesto básico del conocimiento físico, y 2) el desarrollo científico profundiza indefinidamente el conocimiento del mundo material. La "cosa en sí" es cognoscible gradualmente y sin fin. De ahí que la pretensión de disponer de un concepto científico de materia, que sea *el* concepto de materia, no tiene sentido. Al *factum* del desarrollo científico como proceso sin fin se agrega dicho *par* de tesis que, en este sentido, funcionan como hipótesis explicativas.

Ahora bien, esas hipótesis no son sin consecuencias, aun en el análisis de los aspectos sincrónicos del conocimiento científico, aunque siempre bajo la perspectiva de una diacronía fundamental. En particular la explicación creciente excluye las concepciones descriptivistas de filosofías de la ciencia hace ya mucho caducas y excluye igualmente aquéllas que hacen de los entes inobservables –y por tanto de los conceptos teóricos– algo accesorio e instrumental.

"Toda ciencia sería superflua si la apariencia exterior y la esencia de las cosas directamente coincidiesen." Porque no es superflua, los entes inobservables pasan a constituir un tema central de toda teoría de la ciencia de raíz materialista. El tan peculiar concepto de esencia aludido antes pierde, traducido de ese modo, las connotaciones verbales "esencialistas" que son el resultado del uso tradicional del término. El modo de integración de los conceptos teóricos a las teorías científicas –teniendo especialmente en cuenta los aspectos diacrónicos– conlleva, en ese modo de entenderlos, el *par* de tesis materialistas antes enunciadas.

Dicho de otro modo, la tesis materialista nuclear especificada, complementada de esta manera por la tesis 2, explica por qué el tema de los conceptos teóricos ha ocupado un lugar central y ha constituido una dificultad insuperable cuando está incluido en filosofías de la ciencia positivistas e instrumentalistas. La determinación procesual, la construcción inacabada, del concepto de materia se da a través de la intervención de los entes inobservables en *cada* momento del desarrollo científico. Esto implica los temas de la convergencia de las teorías científicas sucesivas y, como es obvio, el del referente común a ellas. En cambio una filosofía idealista, o criptoidealista, se ve abocada a dificultades insobrepasables respecto a los conceptos teóricos y *cierra* las soluciones al tema de la convergencia y del referente común de teorías sucesivas. En este sentido las tesis materialistas no sólo abren la investigación científica sino también la epistemológica.

[7] Por ejemplo, las doctrinas coherentistas de la verdad y la concepción de la validación interna de las teorías científicas que propone Althusser, aun con aspectos filosóficos e ideológicos discrepantes entre sí concuerdan en que difícilmente pueden aportar una explicación de este tipo.

NAPOLEON EN LA QUIMICA FORENSE

Ismael Soto López *

El 14 de octubre de 1961 apareció publicado un artículo en la revista científica inglesa *Nature*, escrito en colaboración por tres autores: Sten Forshufvud, odontólogo sueco; Hamilton Smith, investigador del Departamento de Medicina Forense de la Universidad de Glasgow, Escocia; y Anders Wassén, toxicólogo sueco. Estos autores detallaban los resultados de una prueba analítica del pelo que perteneció a Napoleón, en la que se demostraba que este gran personaje histórico había sido víctima de un asesinato usando arsénico como veneno. Hasta entonces, todos los datos concluían que el Gran Corso había muerto por cáncer en el estómago durante su destierro en la isla de Santa Elena en 1821.[2]

Inmediatamente surgieron las preguntas planteadas por los escépticos: ¿Por qué nadie antes había hecho el diagnóstico? ¿Por qué no se sospechó inmediatamente del envenenamiento? ¿Cómo saber si los cabellos pertenecieron al emperador? ¿Cómo fue perpetrado el envenamiento? . . . Para poder contestar a tales cuestiones fue necesario tener en cuenta los detalles históricos del caso.

A la hora del crepúsculo del día 5 de mayo, el emperador suspiró, cesaron las pulsaciones. Napoleón había muerto. Louis Marchand, de treinta años, había recibido la orden directamente de Napoleón: "Despueś de mi muerte, quiero que abráis mi cuerpo." Por lo tanto, el médico se dispuso a efectuar la autopsia la tarde siguiente.[4]

*Escuela de Ciencias Químicas, Departamento de Química Inorgánica, Ciudad Universitaria, 72570, Puebla, Pue.

elementos núm. 10, año 3, vol. 2. Impreso en México

La operación se llevaría a cabo en el salón de billar, por ser el recinto más amplio y de mejor iluminación de Longwood House, la espaciosa y lóbrega residencia en que habían vivido Napoleón y su séquito en Santa Elena. Llevaron allí el cadáver desnudo del Corso y lo colocaron sobre una sábana extendida en la mesa.[4]

La necroscopía sería un acontecimiento de profundas repercusiones políticas. ¿Por qué un hombre de vigor físico y vitalidad legendarios había muerto a temprana edad (51 años)? Napoleón se había ido debilitando poco a poco durante sus años de exilio, y la causa de su mala salud se había convertido en una enconada controversia entre los desterrados franceses y sus guardianes ingleses. Los primeros culpaban al clima de Santa Elena y acusaban al gobierno inglés de haber enviado a Napoleón a ese lugar a propósito, para que allí muriera. El gobernador inglés de la isla, Hudson Lowe, temía tanto que se le acusara a él o a su gobierno de cualquier cosa, que había ordenado someter a corte marcial a un médico inglés por haber diagnosticado que Napoleón padecía de hepatitis, pues tal enfermedad podría achacarse al medio insalubre de la isla.

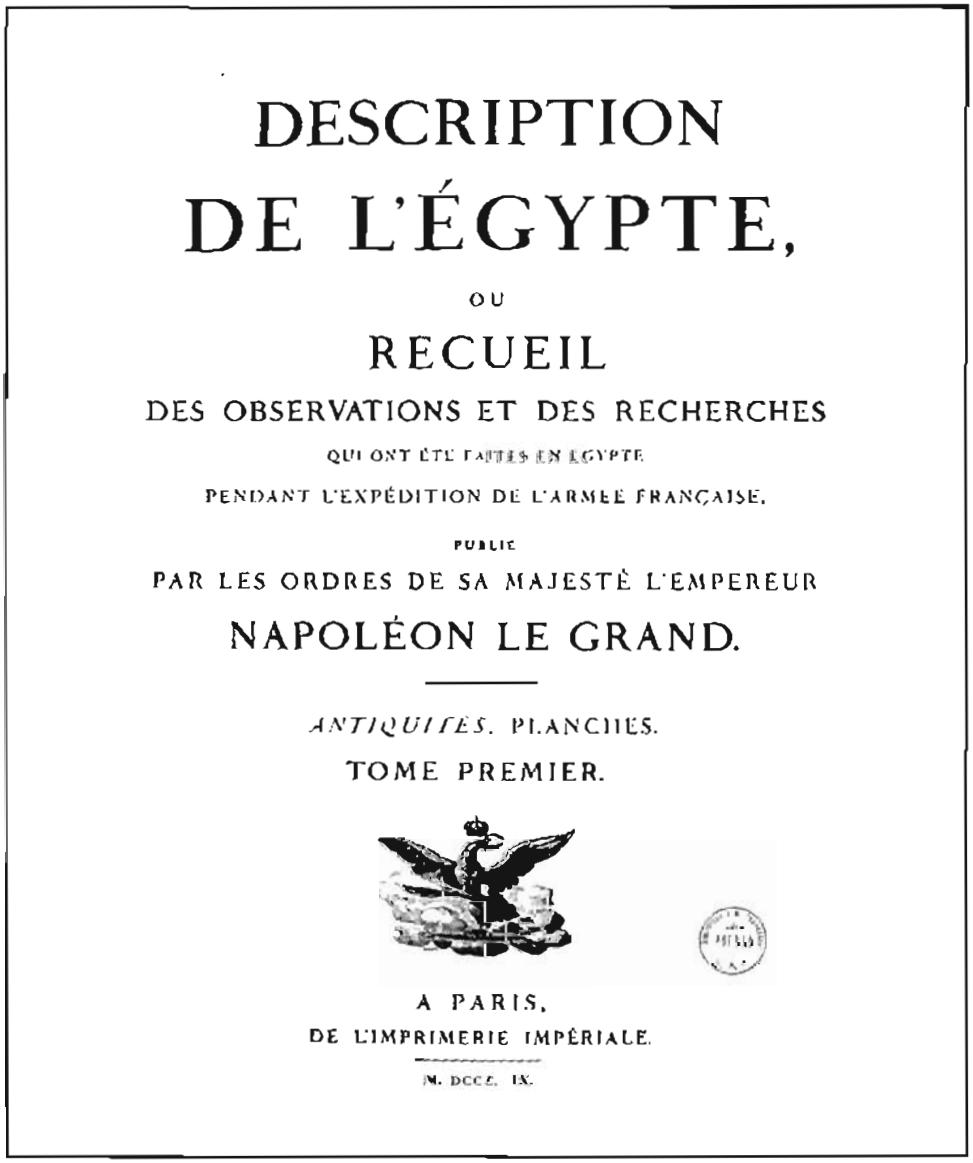
Ocho médicos presenciaron la autopsia. Siete eran ingleses; y todos estaban conscientes de las implicaciones políticas de lo que se descubriera. El octavo, Francesco Antommarchi, era de Córcega, de 31 años y había sido médico de cabecera del emperador los últimos diecinueve meses. Antommarchi, a solicitud de su paciente, debería hacer la autopsia; los ingleses asistirían en calidad de observadores.

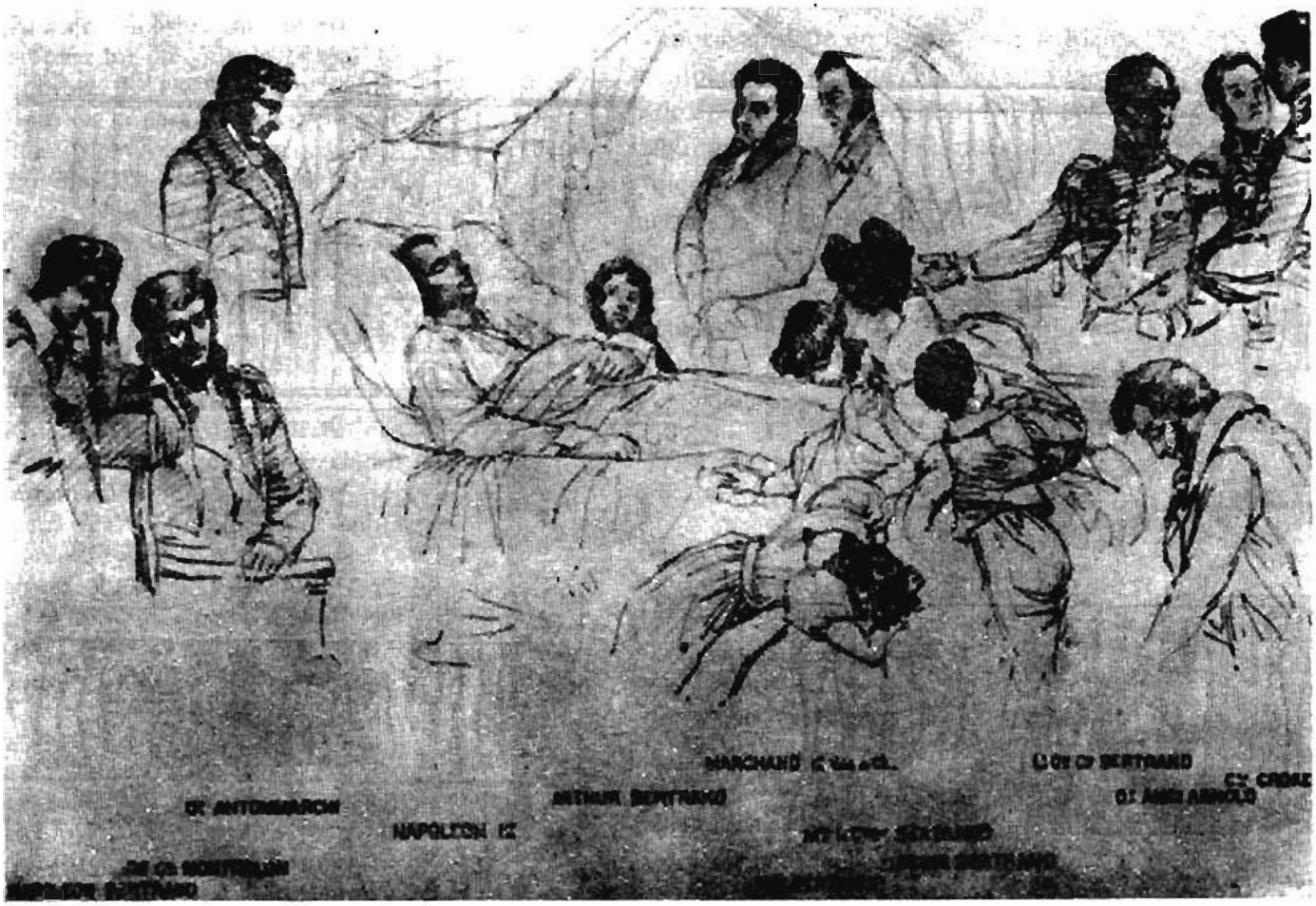
Al terminar la operación, los ocho médicos no estuvieron de acuerdo sobre la causa de la muerte. Elaboraron cuatro informes distintos. En lo único que coincidieron fue en la úlcera péptica presente. Antommarchi la calificó de algo así como "cancerosa"; los ingleses encontraron "porciones cirrosas" (duras, posibles indicios de cáncer). Esto dio pie a la creencia, mucho tiempo aceptada, de que Napoleón había muerto de cáncer en el estómago, aunque ninguno de los médicos lo confirmó. Tal dictamen liberaría a Hudson Lowe y a los ingleses de toda responsabilidad.

El informe que firmaron los médicos ingleses consignaba que el hígado estaba "más grande de lo normal". Esto era precisamente lo que Hudson Lowe no quería oír: el hígado enfermo apoyaría la teoría de que la muerte de Napoleón era consecuencia de los factores adversos de Santa Elena. El gobernador pidió a los galenos ingleses que quitaran del informe esa declaración ofensiva. Accedieron aunque de mal grado. Pero uno de ellos, una vez afuera de la isla, escribió la verdad del asunto.[1]

Tres días después, el 9 de mayo de 1821, Napoleón fue sepultado en un valle de Santa Elena, y al cabo de dieciocho días sus compañeros de exilio se embarcaron con destino a Inglaterra. Tras 59 días de navegación, Louis Marchard, nombrado uno de los albaceas testamentarios del Corso, se reunió con los otros dos: el conde Henri Gratien Bertrand, que años antes había sido gran mariscal del palacio de Napoleón, y el conde Charles Tristan de Montholon para poder dar lectura al testamento. Montholon y Bertrand eran los únicos oficiales que habían acompañado a Napoleón durante todo el exilio.[1]

Aparte de mandar repartir todas las posesiones personales del emperador, el testamento representaba un arma política. "Muero prematuramente", escribió el testador,


DESCRIPTION
DE L'ÉGYPTE,
OU
RECUEIL
DES OBSERVATIONS ET DES RECHERCHES
QUI ONT ÉTÉ FAITES EN ÉGYPTE
PENDANT L'EXPÉDITION DE L'ARMÉE FRANÇAISE.
PUBLIÉ
PAR LES ORDRES DE SA MAJESTÉ L'EMPEREUR
NAPOLÉON LE GRAND.
ANTIQUITÉS. PLANCHES.
TOME PREMIER.
A PARIS,
DE L'IMPRIMERIE IMPÉRIALE.
M. DCCC. IX.



Napoleón en su lecho de muerte, por Steuben.

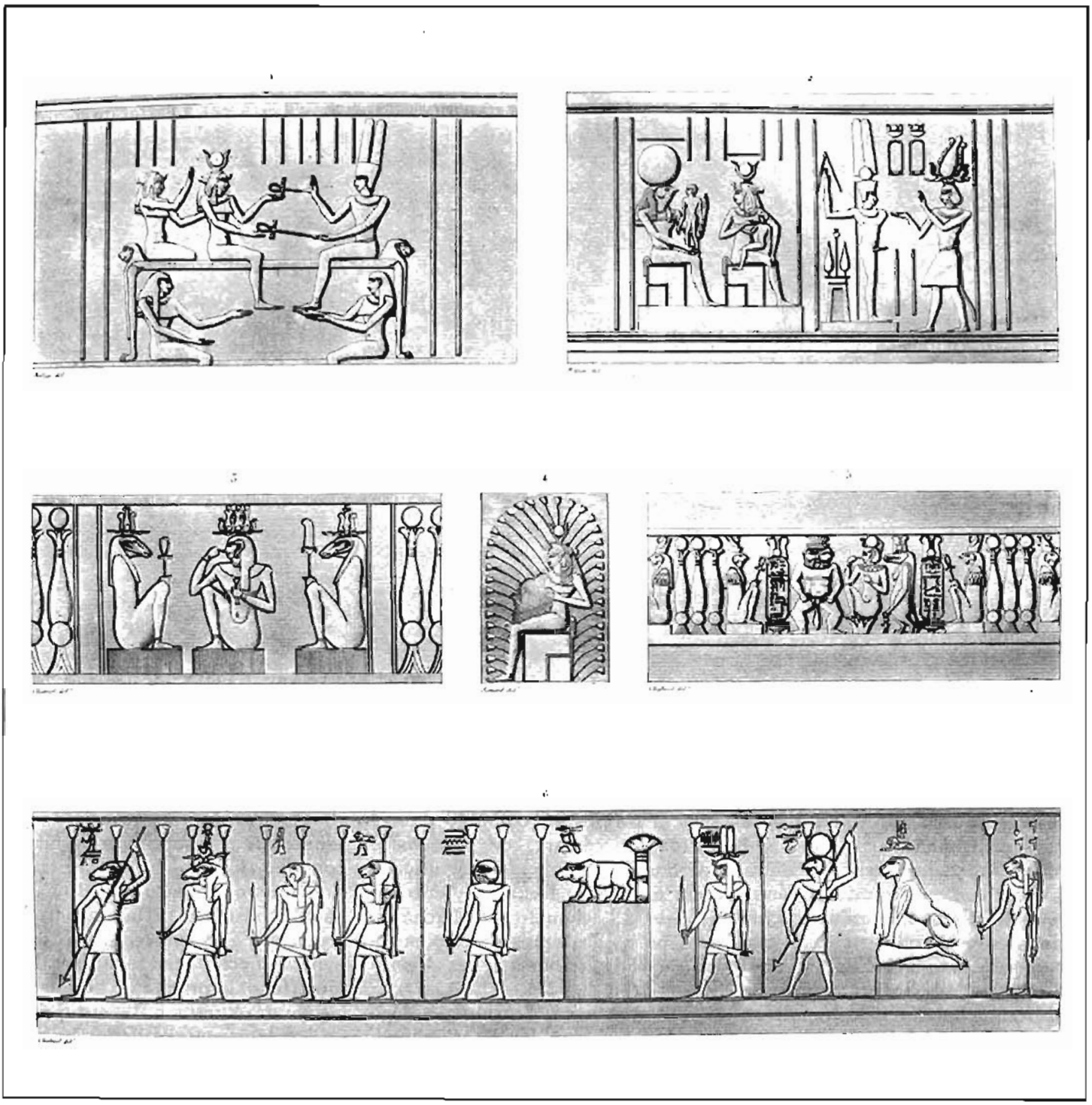
"asesinado por la oligarquía inglesa y su asesino a sueldo."[2]

Louis Marchand fijó su residencia en Auxerre. Como ayuda de cámara principal del emperador, tenía varios deberes que cumplir por encargo de su amo. En su baúl había unos cabellos rasurados de la cabeza del cadáver de Napoleón. Marchand puso los mechones en medallones de oro, que envió a los muchos miembros del clan Bonaparte. Para tener la certeza de que ningún cabello fuera sustituido, hizo que todo ese trabajo se realizara en su propia casa. Se reservó un mechón para él mismo, y posteriormente lo legó a su hija, junto con sus *Memorias* inéditas.

En el otoño de 1955 el odontólogo Sten Forshufvud leía las *Memorias* de Louis Marchand, el último relato publicado de testigos presenciales de la vida en Santa Elena. Marchand escribió esas memorias únicamente para su hija, con el propósito, como lo dijo el ayuda de cámara, de "enseñarte lo que el emperador significaba para mí". Sólo hasta muy entrado el siglo XX, el nieto de Marchand, hijo único de la hija de éste, autorizó que se publicaran las *Memorias*.[1]

En su lectura, Forshufvud llegó al relato, día con día, de Marchand, correspondiente de enero a mayo de 1821, últimos meses de la vida del emperador. El escritor contaba en sencillas y convincentes palabras cómo se sentía Napoleón determinado día; cómo describía el enfermo sus síntomas; qué había comido esa fecha; cómo había reaccionado; en qué forma había respondido a los medicamentos que se le daban. Marchand refería que Napoleón pasaba de la somnolencia al insomnio, en forma alternada; que tenía hinchados los pies y se quejaba: "las piernas no me sostienen". Luego, en los días postreros, Marchand describía las reacciones del agonizante a la secuencia de fármacos que le habían administrado. Forshufvud empezó a intuir una pauta constante. ¿Había sido envenenado? Al parecer, no pudo haberse hecho con una sola dosis mortífera: la prueba de ello habría salido a relucir en la autopsia o en las descripciones de los testigos. Pero, ¿qué tal si se le hubiera dado una muerte lenta, que se prolongara varios meses o años, por medio de dosis repetidas de veneno, el cual en la época de Napoleón muy probablemente sería el arsénico?[4]

La pauta se aclaró: somnolencia e insomnio alternos, pies hinchados, fatiga constante, hígado hipertrofiado. Todos estos síntomas son típicos del envenenamiento crónico por ingestión de arsénico. Este tóxico fue muy utilizado en Francia durante los siglos anteriores a la era napoleónica, resultaba virtualmente imposible diagnosticar



el envenenamiento arsenical crónico, porque sus síntomas son semejantes a los de muchas enfermedades comunes. Si se administraban otras medicinas –sobre todo tártaro emético y calomel–, se podría causar la muerte sin que se advirtiera vestigio alguno de arsénico en el estómago de la víctima, en el caso de que se le hiciera la autopsia. En sus últimos días, sin lugar a dudas, se había administrado a Napoleón tártaro emético y calomel (mezcla de sales de calcio y potasio del ácido tartárico y sales de mercurio respectivamente.) El problema que planteaba la teoría más común –cáncer en el estómago– era que las personas con esa enfermedad adelgazan visiblemente a medida que la enfermedad avanza, en tanto que Napoleón se volvió cada vez más obeso, casi hasta el desenlace. Se ha observado que la obesidad es característica de las víctimas de envenenamiento lento con arsénico.[5]

La isla de Santa Elena fue descubierta en 1502 por los portugueses, y en el siglo XIX era propiedad de la Compañía de las Indias Orientales; está situada a 2 800 kilómetros de la Ciudad del Cabo, Sudáfrica, a 2 900 de Sudamérica y a 6 000 de Inglaterra. La tierra más cerca está a 1 125 kilómetros: la isla de Ascensión, otro diminuto peñón volcánico, también propiedad de los ingleses, perdido en la inmensidad del Atlántico. Santa Elena, de sólo

17 kilómetros de longitud por 10.5 de anchura, tenía entonces 4 000 habitantes, incluida su guarnición. El emperador llegó a la isla el 17 de octubre de 1815, y al principio se alojó en la casa de huéspedes de William Balcombe, agente naviero. La familia Balcombe, de seis miembros, vivía cómodamente en la finca llamada The Briars, en las colinas. Años después, en Londres, Betsy Balcombe publicó su narración de los memorables días en que ella tenía 15 años y Napoleón había sido su huésped:

¡Cuán vívidamente recuerdo mis sentimientos de temor, mezclados de admiración, al contemplar por primera vez al hombre que había yo aprendido a temer tanto!

¡Jamás he visto a nadie de fisonomía tan admirable e impresionante!

Pronto surgió una insólita amistad entre el gobernante caído hacía sólo cuatro meses, en Waterloo, y la muchacha isleña. Salvando la brecha de las edades y nacionalidades.

Los oficiales y demás personas del séquito de Napoleón tenían razones para sentirse irritados por el desparpajo de la muchacha inglesa. Las relaciones de todos para con el emperador se regían por un protocolo estricto. A Napoleón se le daba siempre el tratamiento de "Vuestra Majestad". En cambio Betsy no seguía con esas normas, y siempre se dirigía a su amigo con el nombre de "Boney" (apócope de Bonaparte).[1]

Casi dos meses después de haberse instalado Napoleón en The Briars, llegó la noticia de que estaba arreglada Longwood, la residencia destinada al prisionero, situada a ocho kilómetros de ahí. Napoleón estaba jugando a la "gallina ciega" con los niños de la familia Balcombe.

Forshufvud comenzó a cotejar y relacionar los informes de la autopsia, los apuntes de Francesco Antommarchi, médico de Napoleón, y la descripción cotidiana de Louis Marchand del estado del enfermo. Concluyó el dentista sueco que en sus últimos días Napoleón había presentado no menos de 22 de su lista de 32 síntomas de envenenamiento por ingestión de arsénico.[2]

Durante la expedición de conquista conducida por Napoleón en Egipto, éste se hizo acompañar no sólo de cañones sino también de un grupo de científicos —ingenieros, arquitectos, filósofos naturales, etc.— que, mientras él se dedicaba a las labores de la guerra y la conquista, hicieron el compendio de las condiciones naturales y de vida egipcios. De ello resultaron veinte volúmenes, 10 de los cuales son exclusivamente de grabados, mientras los otros diez encierran su explicación. Los libros de grabados son de aproximadamente 100 páginas de 70 por 54 centímetros.

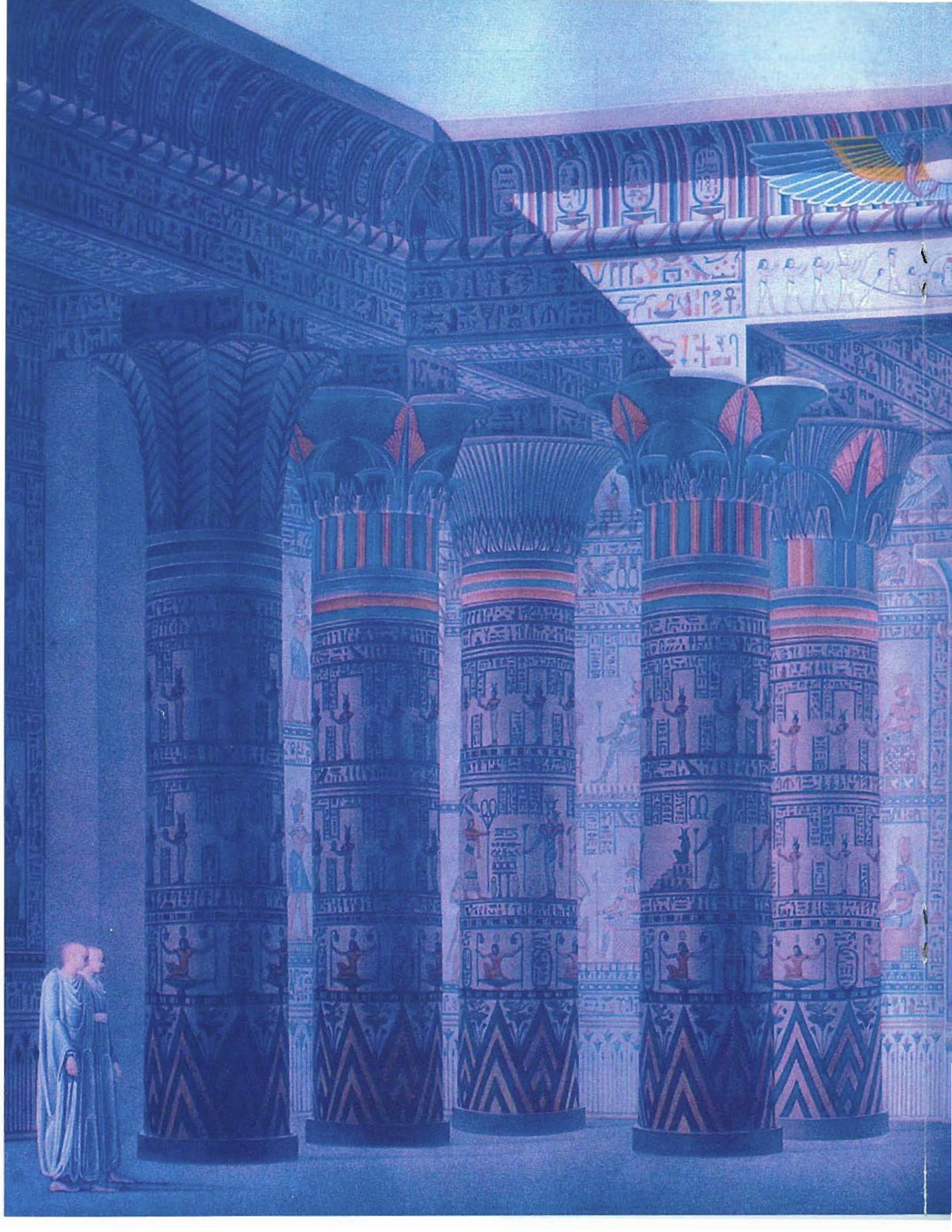
Como dijera de sí mismo, "mi talento es ver claro". Queda en esta obra demostrado.

Los veinte volúmenes llevan el título general de:
Descripción de Egipto, Libro de las observaciones y las investigaciones que fueron hechas en Egipto durante la expedición de la armada francesa, publicado por el mandato de su majestad el emperador Napoleón el Grande. Impresora Imperial, París, 1809.

Traídos de París por José María Lafragua, son quizá el único juego que se conserva en nuestro país y uno de los únicos del mundo. Fueron donados por el señor Lafragua y se conservan en la Biblioteca "José María Lafragua" de la Universidad Autónoma de Puebla.

Las ilustraciones que acompañan este artículo fueron tomadas de los volúmenes dedicados, uno, a las *Antigüedades* —que sería el correspondiente al análisis arqueológico de Egipto y, dos, a la *Historia natural,* en la que se hace una extensa relación de la fauna natural de Egipto.

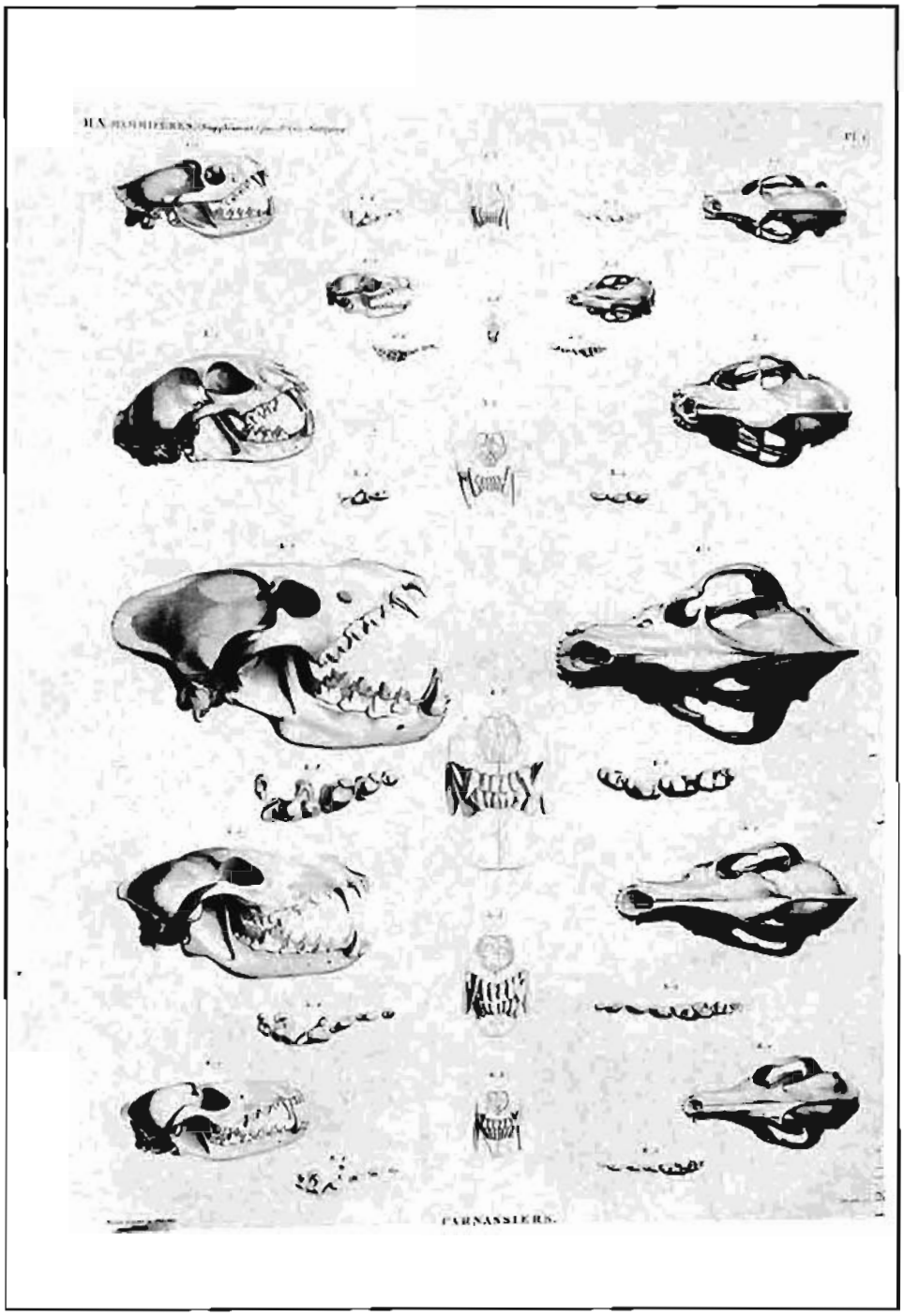
Mariano Morales



Sin embargo no existía ninguna prueba física. La forma lógica de obtener esa prueba era analizar los restos de Napoleón, en busca de arsénico. Pero el cuerpo del Corso había sido llevado a París diecinueve años después de muerto, y yacía en su gran tumba de Los Inválidos, bajo 35 toneladas de pulidísimo mármol pórfido. Quedaba sólo otra oportunidad: el pelo de Napoleón.

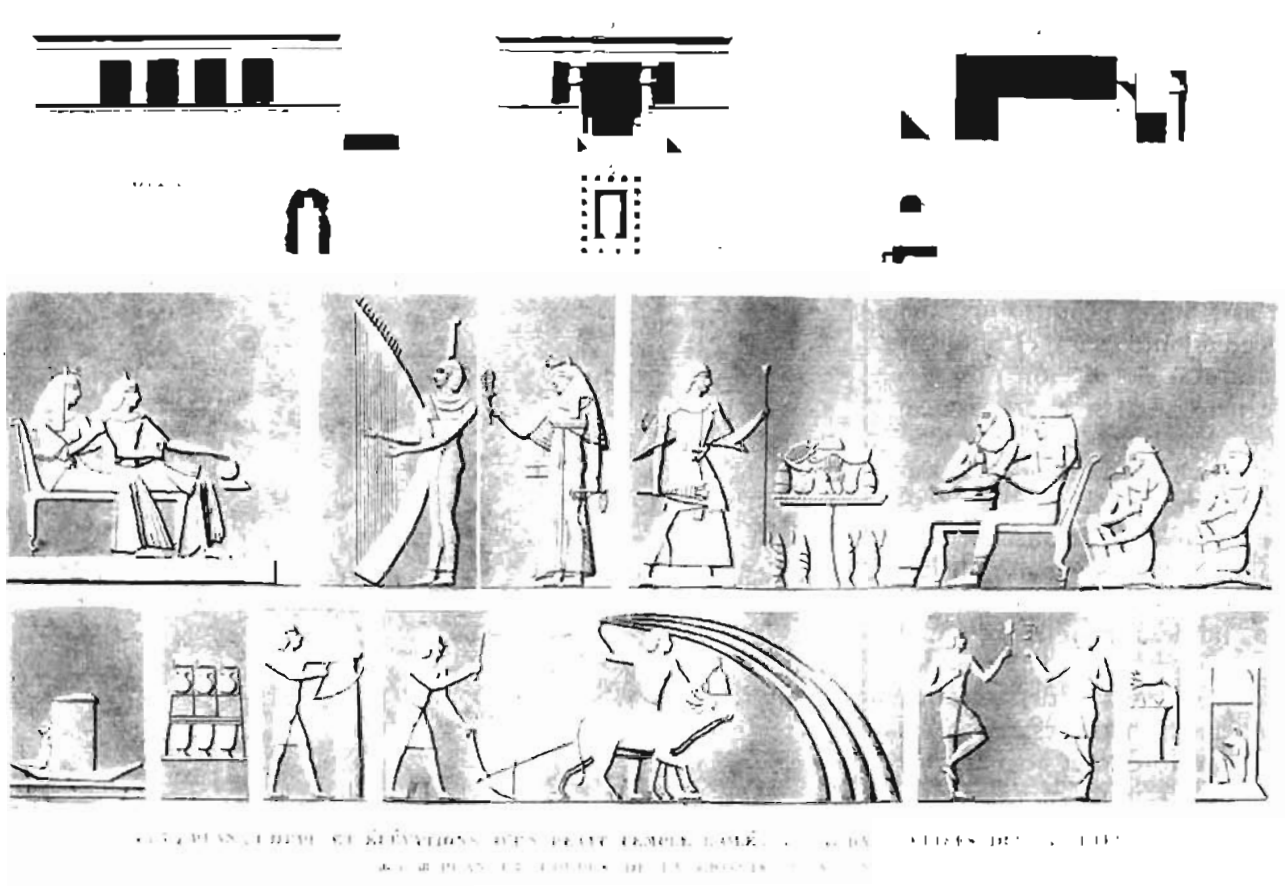
El método de los cabellos analizados se había practicado desde hacía varios decenios. Sin embargo, para tal propósito se requería de un número relativamente grande de cabellos: cinco gramos o aproximadamente 5 000 filamentos. ¿Dónde encontrar tal cantidad de muestra?

En 1959, en el *Journal of Analytical Chemistry* se publicó el informe de un nuevo método para analizar los cabellos en busca de arsénico, procedimiento que requería de un solo cabello. El autor del método era el doctor Hamilton Smith, investigador del Departamento de Medicina Forense de la Universidad de Glasgow, Escocia. Forshufvud escribió al príncipe Napoleón, heredero actual del linaje del emperador. Al cabo de varios días fue patente que el príncipe no quería recibirlo. El dentista recurrió entonces al comandante Henri Lachouque, miembro de la junta directiva del Museo del Ejército de Los Inválidos y editor de las *Memorias* de Louis Marchand. En la casa del comandante, en Montmartre, Forshufvud esbozó su teoría y expuso el método de H. Smith para detectar arsénico por medio de la absorción atómica. Solicitó un cabello de Napoleón, y de una caja del museo, de entre las reliquias sacó un sobrecito blanco, y en él, escrito de puño y letra de Louis Marchand decía: *Les cheveux de L'Empereur* ("Los cabellos del Emperador"). Contenía un mechón del pelo afeitado a Napoleón al día siguiente de su muerte. El pelo era sedoso, de color castaño rojizo. Con ayuda de unas pinzas extrajeron un solo cabello de entre las docenas que formaban el mechón, y lo colocaron en un sobre de plástico.[1]



Longwood no era un lugar cómodo. Llovía gran parte del año en esa meseta, y había mucha humedad en la residencia. La ropa y las paredes se impregnaban de humedad y moho. El color azul de las paredes se deterioraba rápidamente, la pintura azul brillante probablemente fuera a base del "azul de prusia", colorante muy utilizado en esa época y fabricado a base de cianuro de fierro. El bióxido de carbono de la respiración en contacto con el agua o con la humedad reacciona fácilmente para formar ácido carbónico; este ácido en contacto con el colorante azul es seguro que desprendiera ácido cianhídrico venenoso que flotaría en el ambiente cerrado de las habitaciones. Además el lugar estaba infestado de grandes ratas.[4]

Los centinelas de casacas rojas estaban apostados a corta distancia unos de otros, a todo lo largo de la muralla de piedra que cercaba a Longwood. En las alturas circundantes los vigías empleaban banderas de semáforo para avisar constante-



mente del lugar en que se encontraba el cautivo.

A media mañana, tras el paseo que daba a caballo el emperador, buscaba la compañía del médico Barry O'Meara, su médico oficial, para que le relatara los chismes locales. El almuerzo, generalmente a las 11, lo tomaba Napoleón en su alcoba o, si el tiempo era bueno, en el jardín. Los alimentos eran preparados en la cocina de Longwood por cocineros que Napoleón había llevado a la isla. Esos cocineros no servían las viandas; esa labor estaba encomendada a Marchand y a dos camareros de confianza. El emperador bebía uno o dos vasos de vino mezclado con agua, de su provisión personal de *"vin de Constance"*, directamente traído de Africa del Sur. Los demás se tenían que conformar con cualquier *"vin ordinaire"*.[4]

Napoleón intentó almorzar con sus oficiales, pero las interminables disputas entre ellos lo molestaban. El problema de los oficiales era el ocio. Sólo el conde Emmanuel de las Cases, quien tomaba el dictado de Napoleón, estaba suficientemente ocupado.

El mariscal Bertrand mostraba su descontento porque Montholon lo desplazaba de sus funciones de mayordomo de la residencia.

El emperador, estaba seguro de que los ingleses lo preferían muerto. Consideraba la posibilidad del envenenamiento —decía que los médicos y los químicos le habían advertido que tuviera cuidado con el vino y el café—, pero hizo a un lado esos temores, dado que consideró a Balcombe y a O'Meara, "personas honradas, que no se prestarían a semejantes manejos".

En julio de 1960, Forshufvud obtuvo la respuesta de Hamilton Smith desde Escocia:

> La muestra analizada con mi método dio un valor de arsénico por gramo de pelo de 10.38 microgramos. Este valor prueba que el sujeto ha sido expuesto a cantidades relativamente grandes de arsénico.

La cantidad de arsénico considerada como normal en el cabello humano es de unas 0.8 partes por millón. El de Napoleón Bonaparte contenía en el momento de su muerte, ¡tres veces más la concentración normal de arsénico![5]

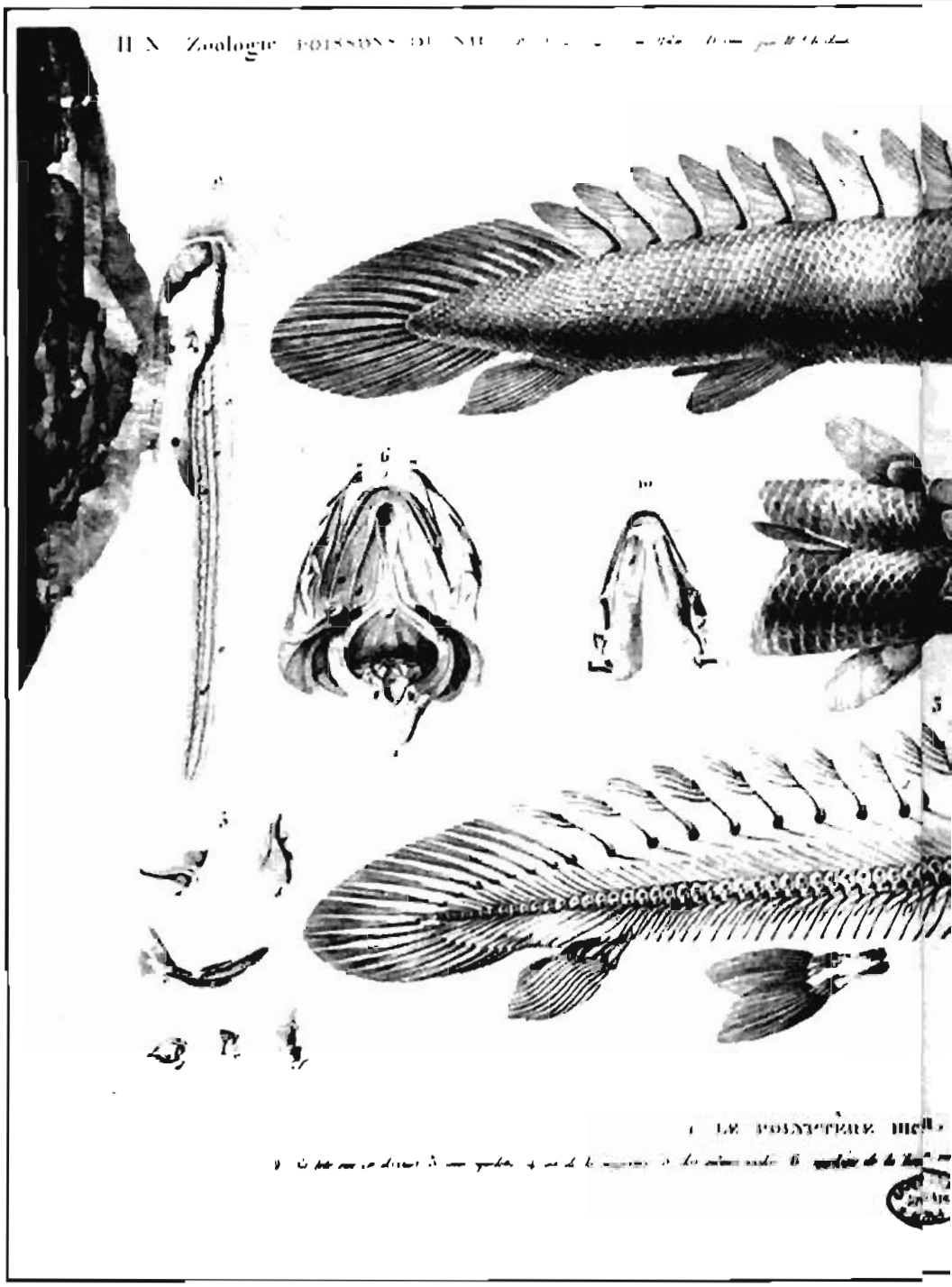
Después de visitar el laboratorio de Smith, éste le explicó a Forshufvud la técnica usada, y cómo se había verificado en muchos estudios

y se había comprobado su exactitud. Sin embargo, por desgracia, destruía el cabello, por lo cual no era posible hacer más pruebas. Smith no sabía entonces a quién pertenecía la muestra analizada, y cuando Forshufvud se lo confió supuso que Smith pensó que los ingleses habían envenenado a Napoleón. Un británico sentiría gran recelo al ver que aquel extranjero traía a colación tan monstruoso crimen para dejarlo a las puertas de su país.

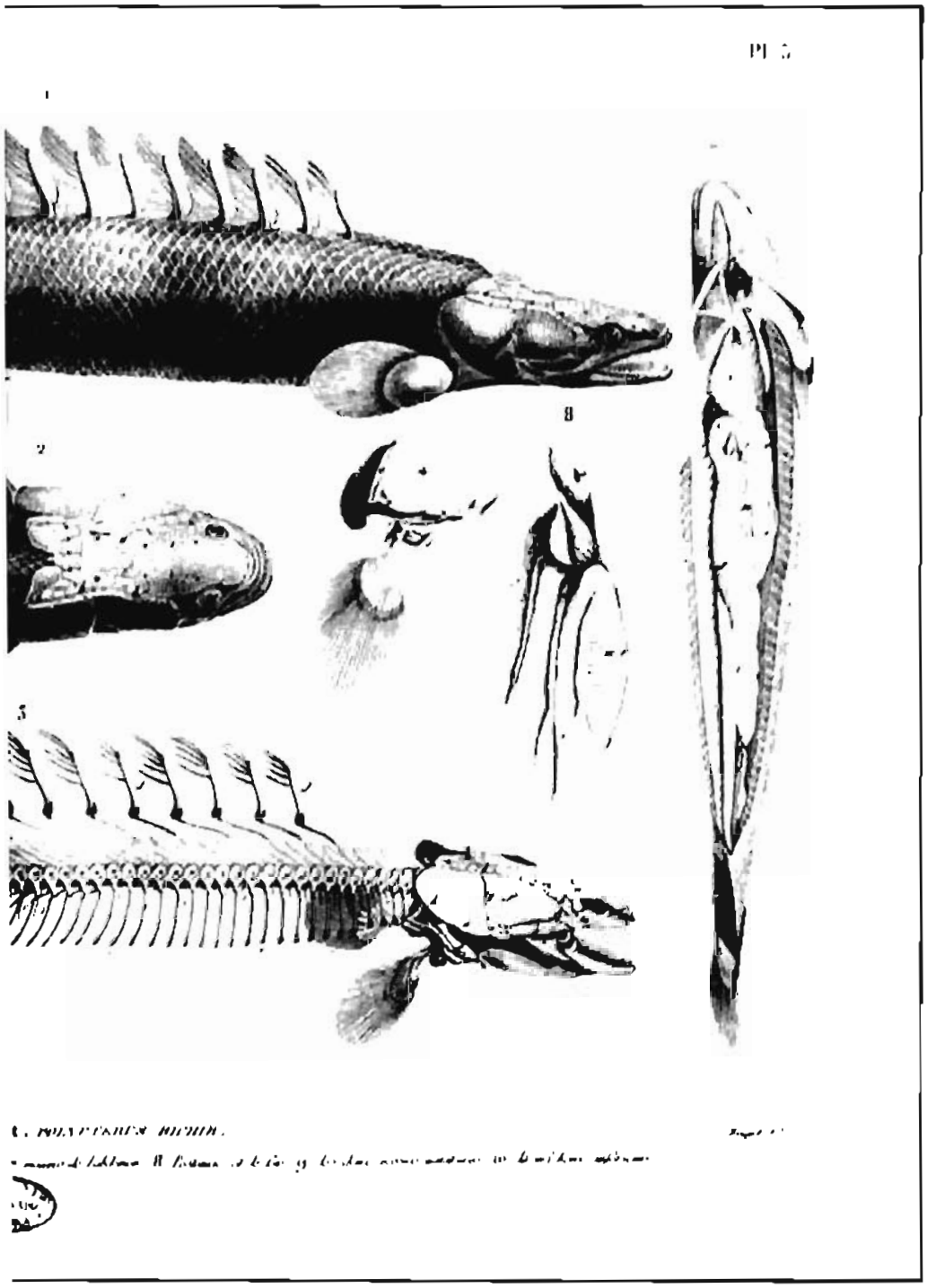
Aun así, Smith propuso un nuevo procedimiento para el análisis: tomar lecturas de sección por sección de pelo. Así, si el arsénico se hubiese absorbido en cantidad constante del medio, algo que hubiera en la habitación de la víctima por ejemplo, el análisis señalaría una cantidad constante de un tramo a otro. Si, al contrario, el arsénico hubiese penetrado en el cuerpo a intervalos, en grandes cantidades, el trazado de la gráfica sería en crestas y valles, en línea dentada. Puesto que el pelo crece a razón de 0.35 milímetros al día, sería posible calcular el tiempo transcurrido entre las crestas sucesivas de la gráfica. Las implicaciones de éstos eran importantísimas: las dosis de arsénico que Napoleón consumía podrían calcularse retrospectivamente, a todo lo largo del cabello, y después se compararían con los testimonios escritos sobre los síntomas del agonizante, día con día. Tal prueba sería irrefutable.

Por supuesto, se necesitaba más pelo. Lachouque en forma inesperada se negó a proporcionarlo. Seguramente los franceses habrían empezado a hacerse la pregunta que se impone: ¿Quién fue el asesino? Sería tentador culpar a los ingleses; pero dadas las circunstancias en Santa Elena, parecía poco probable que los ingleses hubieran podido envenenar al emperador sin también matar a su séquito.[1]

La conclusión era ineludible: el gran héroe de Francia había sido asesinado por un francés entre las personas más cercanas a él, perspectiva nada halagüeña para los franceses.



En 1816, en la primavera, llega el nuevo gobernador de la isla, Hudson Lowe. El pusilánime carcelero estaba aterrorizado ante la posibilidad de no poder cumplir con su tremenda responsabilidad y de que Napoleón escapara. Dictó nuevas normas de seguridad para limitar las oportunidades de Napoleón de hablar con los isleños y escribir al mundo exterior, enterado de que los desterrados infiltraban constantemente su correspondencia, burlando la censura. Redujo el área por la que Napoleón podía andar a caballo sin guardias, y reinstauró la disposición según la cual un oficial inglés debía ver al Corso por lo menos dos veces al día. Napoleón se quejó de que "los ingleses le ocasionarían la muerte al privarlo de todo ejercicio físico". Lowe invalidó la regla de que debía ser visto por el oficial dos veces al día con sólo permanecer en sus dos habitaciones varios días consecutivos. El emperador veía cómo el estrecho círculo de sus visitantes escaseaba; además su salud



menguaba. En mayo, Napoleón se quejaba de gota y había dicho a O'Meara: "mis piernas se niegan a sostenerme". También sentía frío constante, y el sol le producía jaqueca. Empezaron a molestarle las encías, estaban esponjosas y pálidas, sangraban al más ligero toque.[2]

En las *Memorias* puede leerse que en 1820, en septiembre, la salud del Corso menguó rápidamente, hasta el fin, acaecido el 5 de mayo de 1821.

Forshufvud incorpora en una gráfica de papel milimétrico los informes del doctor Antommarchi, de Marchand y de los demás testigos presenciales. Completa, la tira tenía casi un metro de longitud. Los síntomas no aparecían distribuidos de manera uniforme en toda la tira, sino que se hallaban reunidos en grupos, entre periodos de recuperación parcial. Se comprobaba así que en aquellos siete meses Napoleón había padecido seis episodios de envenenamiento agudo con arsénico; el último en marzo. Después se repuso en abril, cuando redactó su testamento; la enfermedad postrera se iniciaba entonces, y se prolongó por espacio de dos semanas.[1]

Después de la publicación en la revista *Nature* del primer artículo en 1961, el dentista sueco recibió una llamada telefónica de un fabricante de telas suizo, Clifford Frey, quien poseía un mechón de pelo del Corso, que había pertenecido a Jean-Abraham Noverraz, el ayuda de cámara, quien rasuró la cabeza del emperador al día siguiente de su muerte. Frey tenía mucho gusto en proporcionar unos cuantos cabellos para el análisis.

Dos cabellos, uno de trece centímetros de longitud, y el otro, de nueve, eran lo bastante largos para analizarlos por tramos. Después de someterlos a radiación para la determinación con el método de fluorescencia de rayos X, se le devolvieron a Hamilton Smith, quien los fijó en papel y los cortó en trozos de cinco milímetros. A continuación determinó por absorción atómica el contenido de arsénico de cada tramo. La gráfica correspondiente al cabello más largo era una línea dentada que pasaba desde un valle de 2.8 hasta una cresta de 51.2. El arsénico del cabello más corto variaba, desde 1.06 hasta un máximo de 11.0. En total, Smith hizo 140 pruebas con los cabellos. Las gráficas constituyeron la prueba física de que Napoleón no había muerto en forma accidental por una fuente de arsénico en el medio que lo rodeó.[3]

Forshufvud sacó la tira de su tempograma, compuesta al pegar con cinta adhesiva diversas hojas, y la extendió. Con la gráfica de Smith calculó, siguiendo la línea hacia atrás, desde el día en que se había cortado el pelo, o sea, el 6 de mayo. Cada sección de cinco milímetros representaba más o menos quince días en la vida del Corso. El dentista comparó las crestas y los valles de las gráficas de Smith con los síntomas y los periodos de recuperación que aparecían en su tira. Ambos registros coincidían perfectamente: las crestas de arsénico en el pelo con los conjuntos de síntomas agudos.

Mabel Brookes, escritora australiana, sobrina nieta de Betsy Balcombe, había leído el informe publicado en *Nature*. La señora Brookes poseía un mechón de cabellos de Napoleón que éste había regalado a Betsy durante la visita de despedida que la muchacha le hizo el 16 de marzo de 1818; envió a Glasgow una muestra de pelo.[1]

El análisis de dos cabellos en tres secciones de un centímetro cada una demostró que tenía un contenido de arsénico que variaba entre 6.7 y 26 partes por millón. Como, según las *Memorias* de Betsy, ese pelo fue cortado el día de su última visita, debió de haber crecido en 1817 o a principios de 1818. Este dato permitió a Forshufvud descartar como sospechosos del asesinato a quienes llegaron a la isla después de esa época, y sobre todo al doctor Antommarchi, cuya llegada fue en 1819.

Napoleón comenzó a quejarse a O'Meara del dolor en el costado derecho, casi no tenía apetito y seguían hinchándosele las piernas, sobre todo al caer la noche.

Cuando la familia Balcombe visitó al emperador por esa época, Betsy describió la enfermedad de su amigo:

> Era triste observar el deterioro y el cambio que había causado su aspecto. El color de su tez era el de la cera amarilla; sus mejillas se habían aflojado; estaban sus tobillos tan inflamados, que la carne colgaba de los zapatos. Era tal su debilidad, que sin apoyar su mano en alguna mesa, no podía tenerse en pie. Mi madre comentó, al salir, que la muerte estaba inscrita en cada uno de sus rasgos.

En febrero de 1818 se marchó de la isla Gaspard Gourgaud, el segundo de los cuatro oficiales que lo habrían de abandonar (Las Cases se había embarcado en 1816). Gourgaud se quejaba con Napoleón de que no tenía mujer, en tanto que Montholon y Bertrand sí. El Corso le replicó "¡Bah! ¡Mujeres! ¡Si no pensáis en ellas, no las necesitáis!" Pero Gourgaud estaba convencido de que Albine de Montholon era la amante de Napoleón. En cierta ocasión sorprendió a Albine yendo a visitar en su alcoba al emperador, mientras éste no estaba vestido. Cuando Gourgaud comunicó el incidente al marido de Albine, Montholon respondió, tartamudeando: "No lo sé. No digo que no. . ." Gourgaud, pretextando mala salud, salió de Santa Elena.

Cierta noche durante la cena, Cipriani, el mesero, cayó repentinamente al suelo, retorciéndose de dolor. Murió días después. O'Meara explicó: "inflamación del vientre".

Poco después, Barry O'Meara, se marchó de la isla. Un año después salió Albine de Montholon, llevándose a los tres hijos de Montholon y dejando tras ella incógnitas que nunca serán despejadas: ¿fue amante de Napoleón, como lo sostuvo Gourgaud? ¿Era el emperador padre de Napoléone, la niña que ella dio a luz en la isla?. . . Cuando advirtió que Albine estaba decidida a embarcarse, Napoleón dio autorización a su marido para acompañarla, pero Montholon rehusó. En ausencia de su familia, Montholon surgió como la figura dominante del séquito, y nunca se le oyó proferir la más mínima queja.

Las *Memorias* que añadieron tantos detalles al relato de los últimos días de Napoleón no se publicaron sino hasta 1955, y las de Bertrand en 1949.[4]

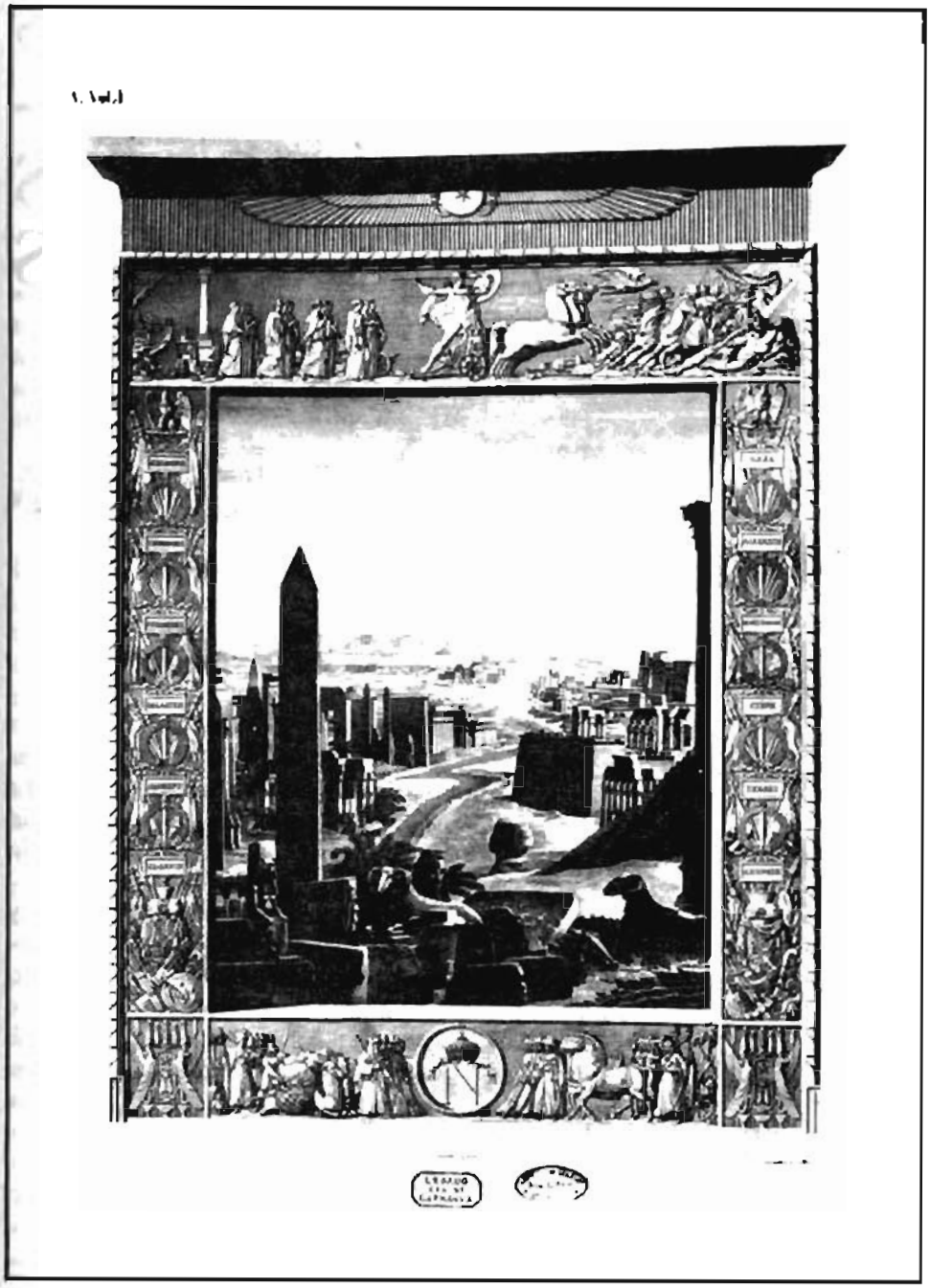
Todo hace deducir que el método para administrar el arsénico consistía en mezclarlo en la comida o la bebida; el despensero Pierron preparaba los alimentos, que servían los ayudas de cámara. El despensero no podía saber qué porciones serían las del emperador. Los ayudas de cámara: Louis Marchand, Saint-Denis y Noverraz, no servían los alimentos con suficiente regularidad. Sólo Montholon y Marchand, los seguidores más fieles del desterrado, surgieron como los posibles sospechosos.

Toda su vida adulta, Louis Marchand había servido a Napoleón. La madre de este funcionario había trabajado en el palacio imperial. Ni Marchand ni su familia tenían relación con los Borbones, entonces en el poder de Francia; era natural que siguiera a su emperador. Montholon pertenecía a la más rancia aristocracia. Era un oficial que no combatía. El Corso le había negado el ascenso, y también la autorización para casarse con Albine. Después lo destituyó cuando el noble se casó con ella. Al abdicar el vencido y partir al primer exilio a la isla de Elba, Montholon trató de ganarse el favor de los Borbones.[4]

El padrastro de Montholon, conde de Sémonville, pertenecía al círculo del conde de Artois, hermano de Luis XVIII. A través de esa relación, sin duda, Montholon obtuvo el cargo de general. Unos cuantos meses antes de asumir sus funciones, se le acusó de haber robado 5 970 francos, delito muy grave; pero jamás fue castigado.

El dentista sueco estudió la conducta de Montholon en Santa Elena: no reaccionó con indignación ante las intimidades de Albina con Napoleón, aunque Gourgaud se las dijo para provocarlo. Nunca se quejó ni quiso salir de la isla. No había una sola explicación a tan extraña conducta: Montholon había sido enviado a Santa Elena con el único designio de matar al emperador. El hombre que dio esa orden era seguramente el conde de Artois. Este pudo muy bien haber dicho a Montholon que si no aceptaba esa misión lo sometería a proceso y lo enviaría a la cárcel por robo. Montholon era el copero mayor del emperador en Longwood; tenía la llave de la alacena en que se guardaba el vino. Sería muy sencillo para él echar arsénico en el barril mismo, antes de que embotellaran el vino. Además, sería un procedimiento seguro. La comida tendría que ser envenenada cada vez que se sirviera, pero una sola aplicación de veneno en el barril garantizaría que Napoleón resultara envenenado en los próximos meses.

A mediados de febrero de 1821 el emperador se sintió mejor, pero a fines de mes tuvo una recaída re-



pentina. Antommarchi informó: "tos seca, vómitos; sensación de ardor en los intestinos casi intolerable" (en el análisis del pelo se indicó una cresta del contenido del arsénico). El emperador tomó un vomitivo para combatir esos síntomas.

Los médicos de esa época esperaban que al provocar el vómito, se limpiara el cuerpo de las enfermedades. El tártaro emético es un compuesto de antimonio, sustancia que irrita la membrana mucosa y que con el tiempo inhibe el reflejo del vómito, y el estomago ya no se puede proteger.[3,5]

Hamilton Smith analizó parte del pelo cortado después de la muerte del emperador, para determinar su contenido de antimonio. La concentración era relativamente grande. El análisis del cabello por tramos reveló que la concentración de antinomio variaba con el tiempo; esto probaba que con la medicación se debilitaba más el estómago del enfermo. A fines de abril, Napoleón decidió tomar jarabe de horchata, preparada con almendras dulces y amargas; esta combinación con el calomel se convertía en veneno mortal por su contenido de cianuro y mercurio. Los músculos voluntarios se paralizan; el enfermo pierde la vista y el oído. La dosis de calomel que se administró a Napoleón, diez granos (480 miligramos), sólo merece los calificativos de insensata o de heroica. Napoleón sufrió un colapso total. Estaba sumamente débil y no podía incorporarse. Sus evacuaciones se habían vuelto negras, síntoma de que su estómago estaba corroído y sangraba. Dos días después, a las 5:49 de la tarde del 5 de mayo, falleció.[1]

En octubre de 1840 el rey Luis Felipe, presionado por los bonapartistas, accedió a trasladar los restos de Napoleón a Francia. Se invitó a todos los compañeros de cautiverio del emperador a acompañarlo hasta su última morada. Estuvieron presentes Bertrand, de 67 años, canoso y decrépito; Las Cases, de 80 años y ciego; Gourgaud siempre riñendo con todos; Louis Marchand, de mediana edad y de la alta burguesía. Los médicos, O'Meara y Antommarchi, ya habían muerto. Montholon no estaba allí, sino en la cárcel, acusado de traición. Moriría trece años después, sin decir una palabra acerca de su crimen.[4]

El cadáver de Napoleón no había sido embalsamado, lo habían sepultado en cuatro ataúdes, dos de ellos metálicos. Los testigos vieron, en lugar de un esqueleto, el cuerpo de Napoleón perfectamente conservado. Parecía dormir. Su rostro había cambiado menos que los que estaban presentes. La explicación: "el milagro", el destructor arsénico también evita que los tejidos se descompongan; los museos suelen emplearlo para conservar sus especímenes. El cuerpo de Napoleón era testigo de su asesinato.[4]

Bibliografía

1 B., Weider, D. Hapgood. *The murder of Napoleon*, Congdon and Lattes Inc., New York, 1982.

2 S. Forshufvud, H. Smith and A. Wassén, *Nature*, London LTD, núm. 171, p. 228, 1961.

3 Goodman y Gilman, *Las bases farmacológicas de la terapéutica*, Ed. Panamericana, sexta edición, Buenos Aires, Argentina, 1982.

4 *Encyclopaedia Britannica Publishers Inc.*, México, Barsa, pp. 125, 175, 1981.

5 L. Blas, *Química toxicológica moderna*, Editorial Aguilar, Madrid, 1955.

LA CONTAMINACION EN LOS SISTEMAS LAGUNAR-ESTUARINOS DE LAS COSTAS MEXICANAS

José Luis Carbajal P.
Deneb Chavira M.*

Resumen

El litoral mexicano se extiende a lo largo de 10 000 km en su zona costera y está cubierto en un 30 a 35% de lagunas costeras y estuarios, en las costas del Pacífico, el Golfo de México y el Caribe.

Estos ecosistemas son críticos y claves en el desarrollo socioeconómico del país por: a) su gran diversidad de ambientes ecológicos o hábitats; b) las interacciones dinámicas entre los sistemas lagunares y de estuarios con la plataforma continental; c) su abundancia en los recursos pesqueros; d) la probabilidad de establecer áreas de protección o santuarios de fauna y flora, y e) el gran desarrollo industrial y urbano de esas regiones.

El acelerado desarrollo socioeconómico del país ha traído como consecuencia un deterioro en gran parte de los ecosistemas lagunares y estuarinos, debido a que no hay una planeación adecuada y a la falta de un conocimiento más amplio de estos sistemas.

Las principales fuentes de contaminación en las costas de México son: a) desechos del petróleo y petroquímica, b) desechos indus-

* Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, Subsecretaría de Ecología SEDUE. Río Elba núm. 20, Col. Cuauhtémoc. CP. 06500 México, D.F.

elementos núm. 10, año 3, vol. 2. Impreso en México

triales, c) desechos domésticos, d) desechos agrícolas (pesticidas y organoclorados), y e) por las aguas de enfriamiento.

Las lagunas costeras y estuarios del Golfo de México y la Costa Sureste del país son en general las áreas con mayores problemas de contaminación, principalmente por la actividad petrolera, industrial y urbana. Por el contrario, en la Península de Baja California aún no se presentan en esos ecosistemas niveles críticos de contaminación.

Introducción

Los sistemas lagunares estuarinos, ecológicamente se caracterizan como un ecótono costero, conectado con el mar de una manera permanente o efímera.

Son cuerpos de agua someros, semicerrados, de volúmenes variables de acuerdo al clima local y a las condiciones hidrológicas. La temperatura y la salinidad son variables; predominan los fondos lodosos, alta turbidez y la topografía es irregular.

La flora y fauna tienen un alto nivel de adaptación evolutiva para las condiciones de *stress* que son típicas en estos sistemas y están representadas por organismos marinos, de agua dulce, de origen terrestre y autóctonos (W.J. Day y A. Yáñez-Arancibia, 1982). Son sistemas de alta complejidad por la dinámica de sus ciclos biogeoquímicos y sus intrincadas tramas tróficas (fig. 1).

La diferencia básica entre las lagunas costeras y los estuarios es debida a sus características geomorfológicas. Pritchard (1967) define al ESTUARIO "como una extensión de agua costera semicerrada, que tiene una comunicación libre con el mar, resultando de esa manera afectada por la actividad de la marea; además, en él se mezcla el agua de mar con el agua dulce proveniente del drenaje terrestre, de manera considerable". Lankford (1977) considera a las LAGUNAS COSTERAS "como una depresión marginal de la zona costera por debajo del nivel medio de las mareas más altas, teniendo una comunicación con el mar permanente o efímera, pero protegida del mar por algún tipo de barrera".

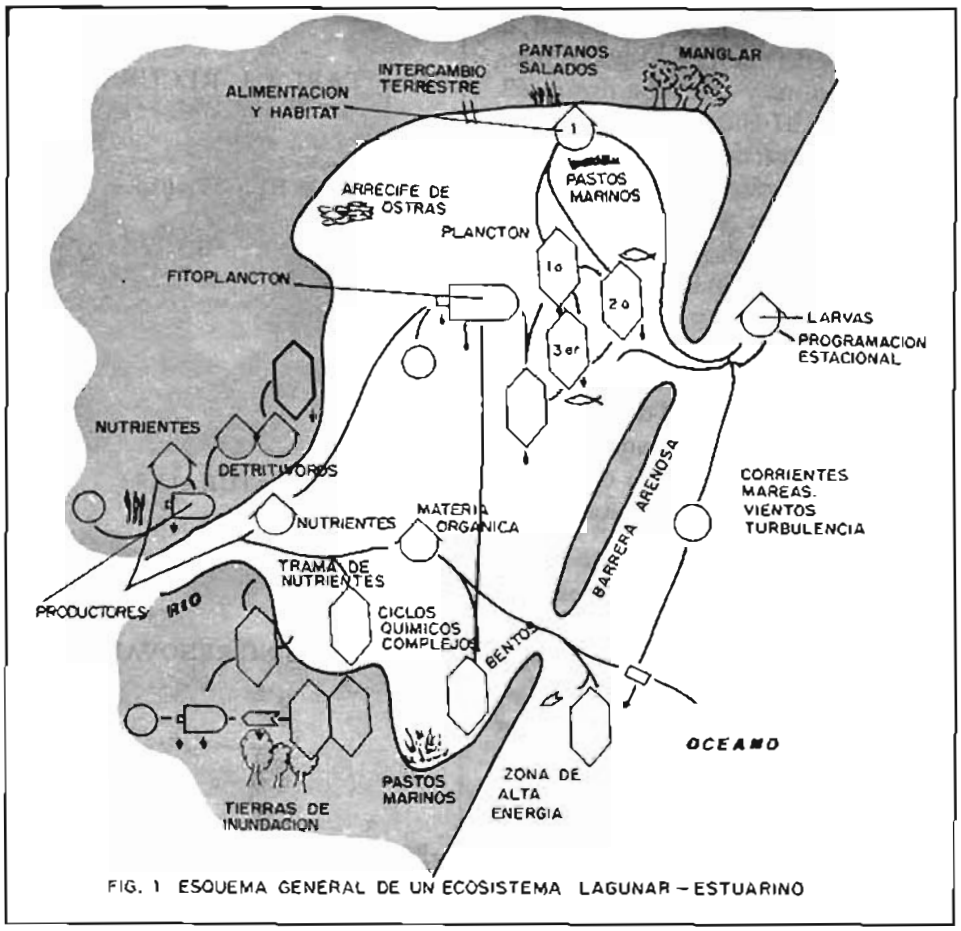


FIG. 1 ESQUEMA GENERAL DE UN ECOSISTEMA LAGUNAR – ESTUARINO

México posee entre el 30 y 35% de los 10 000 km de litoral de estuarios y lagunas costeras, de los cuales 16 000 km^2 son de superficie estuárica y aproximadamente 12 500 km^2 de lagunas costeras, comprendidas en lo que corresponde al Golfo de México, Océano Pacífico, Golfo de California y Mar Caribe (F. Phleger, 1969; F. Cárdenas, 1969).

El gran número de sistemas lagunar-estatuarinos que existen en el país está siendo afectado por la contaminación, que abarca en la actualidad grandes extensiones y que aumenta correlativamente con el "desarrollo" industrial y urbano del país. Este desarrollo crece aceleradamente aun antes de conocer y explotar adecuadamente los recursos potenciales de estos ecosistemas. Las diferentes actividades humanas generan una serie de desechos que ocasionan cambios en las condiciones naturales de estos sistemas acuáticos, el grado de la alteración depende de la cantidad del contaminante, de sus propiedades físicas y químicas, así como de las condiciones hidrológicas y biológicas del cuerpo receptor (Flφn, 1969; Botello, 1980). Esta alteración también depende del efecto sinergístico y/o la inhibición de éste durante la combinación de los contaminantes, la distancia del vertimiento y los diferentes sitios del sistema lagunar-estuarino, así como las condiciones de dilución o el tiempo de retención.

Este trabajo pretende presentar un panorama general de la contaminación en los sistemas lagunares y estuarinos de la República Mexicana y la respuesta de estos ecosistemas a la contaminación en términos de flujo energético, así como dar alternativas en su desarrollo para su óptima explotación y aprovechamiento.

Importancia de los sistemas lagunar-estuarinos

Estos sistemas son sitios que tienen una gran variedad de usos y sirven para diversas actividades humanas

relacionadas con la alimentación, la obtención de energía, el transporte, la recreación y el urbanismo (P. Lasserre, 1979). Por lo que son ecosistemas críticos y claves en el desarrrollo socioeconómico del país debido a: a) su gran diversidad de ambientes ecológicos y hábitats; b) la interacción dinámica entre los sistemas lagunares y estuarinos con la plataforma continental; c) la abundancia de los recursos pesqueros; d) la probabilidad de establecer áreas de protección o santuarios de fauna y flora, y e) el gran desarrollo industrial y urbano de estas regiones. (Tabla I)

Gran parte de las capturas provienen de estos ecosistemas (fundamentalmente pesquerías de ostiones, camarones y peces); la principal producción de petróleo se extrae de la zona costera. En ciertas áreas los arrecifes de ostión, las playas de arena y los agregados de conchilla proveen de materiales para la construcción, además de extraerse diversos minerales y sal común. Desde luego, la zona costera es un importante centro turístico y de recreación, de instalaciones de industrias y depósito de desechos, además de ser apta para la expansión urbana (dos tercios de la población mundial vive cerca de la costa). De las diez metrópolis más grandes del mundo, siete bordean áreas estuarinas; Nueva York, Tokio, Londres, Shangai, Buenos Aires, Osaka y Los Angeles. Se trata de áreas idóneas para la reproducción, crianza y alimentación de diferentes moluscos, peces, crustáceos marinos y aves migratorias; en general muchos organismos pasan en ellas casi toda su vida. También algunos sitios son santuarios para animales en peligro de extinción como los manatíes, los cocodrilos y las aves raras (W.J. Day Jr. y A. YáñezArancibia, 1982, A, Yáñez-Arancibia, 1982).

Numerosos estuarios y lagunas costeras son importantes puertos y se utilizan para la navegación debido a su conexión con zonas industriales. En ocasiones el agua de estos sistemas se utiliza para enfriar los generadores de plantas nucleares y ter-

TABLA 1. RECURSOS Y USOS DE LA ZONA COSTERA*

RECURSOS RENOVABLES:	Recursos bióticos de la pesca de moluscos, crustáceos y peces. Guaymas, Sonora; Mazatlán, Sinaloa; Ensenada, Baja California; Salina Cruz, Oaxaca; Tampico, Tamaulipas; Alvarado, Veracruz; Cd. del Carmen y Campeche, Campeche; Progreso, Yucatán; Isla Mujeres, Quintana Roo.
PARQUES NATURALES:	Laguna Xoltla, Quintana Roo; Arrecife La Olarquilla, Veracruz; Laguna de Términos, Campeche (zona de reserva).
RECURSOS NO RENOVABLES:	Sal en distintas salinas naturales de Baja California y otros estados; petróleo en la Sonda de Campeche, Tabasco y Campeche; y arena en Laguna Madre, Tamaulipas.
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA:	Energía nuclear en Laguna Verde, Veracruz; hidrocarburos en la Sonda de Campeche; acero y electricidad en Lázaro Cárdenas, Michoacán y Guerrero.
URBANIZACIÓN:	Bahía de Acapulco; lugares costeros de Guerrero; Laguna de Cancún, Quintana Roo.
INDUSTRIALIZACIÓN:	Lázaro Cárdenas, Michoacán y Guerrero; Guaymas, Sonora; Coatzacoalcos, Veracruz; Cd. del Carmen, Campeche.
TRANSPORTE:	Bahía de Guaymas, Sonora; Bahía de Acapulco, Guerrero; Tampico, Tamaulipas; Tuxpan, Coatzacoalcos y Alvarado, Veracruz; Cd. del Carmen y Campeche, Campeche; Progreso, Yucatán; Cozumel, Quintana Roo.
TURISMO Y RECREACIÓN:	Costas de Jalisco, Michoacán, Guerrero y Quintana Roo.
DEPÓSITO DE DESECHOS:	Bahía de Acapulco, Guerrero; Bahía de Guaymas, Sonora; Salina Cruz, Oaxaca; Pánuco, Tamaulipas; Tuxpan, La Mandinga y Coatzacoalcos, Veracruz; Laguna de Términos, Campeche.

* Tomado de Yáñez-Arancibia (1982).

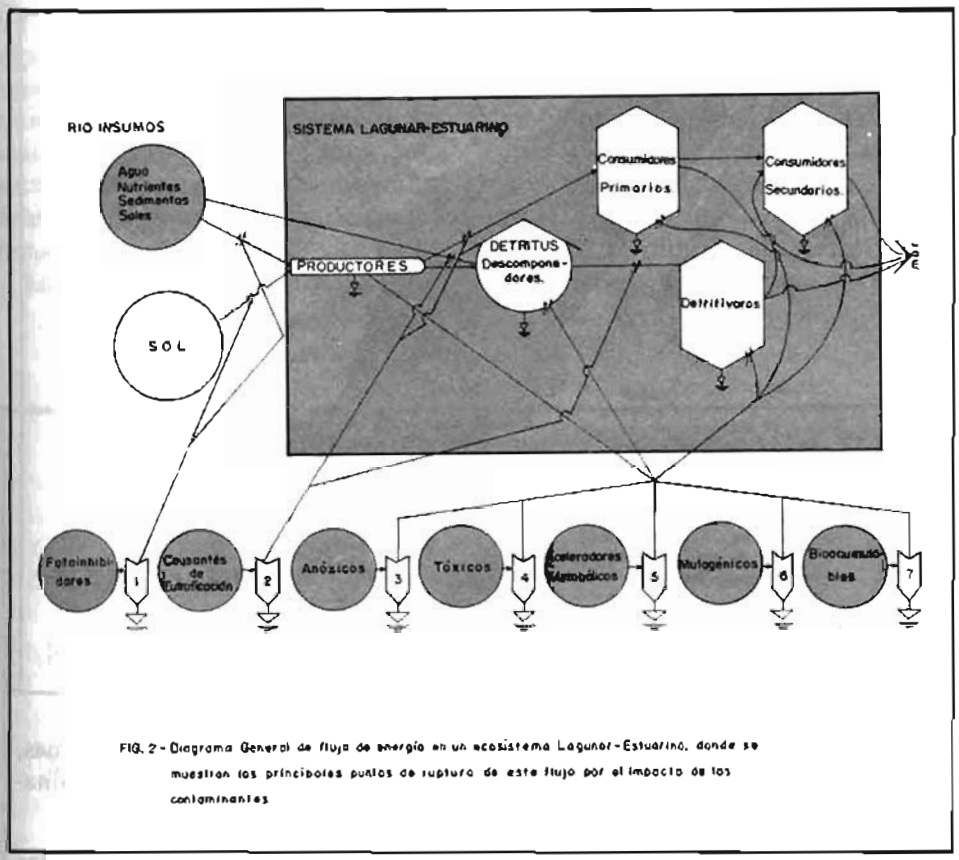


FIG. 2 - Diagrama General de flujo de energía en un ecosistema Lagunar-Estuarino, donde se muestran los principales puntos de ruptura de este flujo por el impacto de los contaminantes

moeléctricas (V. Botello, 1980; A. Yáñez-Arancibia, 1982).

Contaminación de los sistemas lagunar-estuarinos

La contaminación se define como "las alteraciones deletéreas que se presentan en el medio ambiente como resultado de las diversas actividades humanas que rompen el equilibrio dinámico del sistema y provocan cambios en el flujo energético".

Según Botello (1980 y 1982), los contaminantes se pueden dividir en dos distintas categorías: naturales y artificiales. Los primeros son productos de procesos naturales, incluyéndose en esta categoría a los componentes no refinados del petróleo, metales pesados como el mercurio y cadmio y sustancias nutrientes derivadas del nitrógeno y fósforo.

Los contaminantes artificiales han sido sintetizados por el hombre y son ciertos productos refinados del petróleo, hidrocarburos halogenados, como el DDT y los bifenilos policlorinados (PBC's), plásticos, detergentes y elementos radiactivos. La sola presencia de estas sustancias en los estuarios y lagunas costeras nos indica contaminación, ya que normalmente no existen concentraciones naturales de ellos.

De acuerdo a la información obtenida, las principales fuentes de contaminación en las costas de México son: a) desechos de petróleo y petroquímica, b) desechos industriales, c) desechos domésticos, d) desechos agrícolas (pesticidas y organoclorados), y e) por las aguas de enfriamiento.

Respuesta de los ecosistemas lagunar-estuarinos a los contaminantes

Según Odum (1967), la magnitud de cualquier contaminante es cuantificable por los cambios que causa en los flujos de energía, por la eliminación de flujos o por el aumento en el costo energético de reparar o rehabilitar el sistema. En general el efecto de un contaminante provoca una simplificación en la estructura y reducción en la diversidad (al eliminarse las especies más sensitivas).

La magnitud de un contaminante según Lugo (1978), está en función de ocho componentes: 1) la intensidad del contaminante; 2) efectos multiplicativos o aditivos que tenga el impacto del contaminante en la función general del ecosistema y su homeostasis; 3) la frecuencia con que ocurre; 4) el tipo de ecosistema; 5) la condición del ecosistema; 6) la intensidad de otros contaminantes que operan en el ecosistema; 7) los efectos residuales de otros contaminantes que han operado en el sistema y 8) la frecuencia con que actúan los otros contaminantes.

El lugar donde opera el contaminante en un ecosistema influye en el efecto que aquél pueda tener sobre el sistema, ya que cuando actúa en alguna parte donde su impacto pueda ser amplificado operará con mayor severidad que otros contaminantes que producen menor influencia sobre sus demás propiedades (fig. 2).

Los contaminantes que alteran el flujo de energía o afectan una porción sustancial de los productores son sumamente dañinos, ya que reducen la propia capacidad del sistema para recuperarse. Los contaminantes del tipo 1, cuando operan intensamente reducen grandemente las posibilidades de mitigación o de restablecimiento; dentro de ellos se encuentran el petróleo y sus derivados, como en el caso de las lagunas de Términos, Camp. y Carmen Machona y Mecoacan, Tab., durante el derrame del "Ixtoc" (1979).

Los contaminantes del tipo 2 son aquéllos que desvían proción de la energía antes de ser incorporada al sistema y que remueven energía potencial después del almacenamiento. Estos pueden ser descargas industriales, domésticas, agroquímicos con un gran aporte de materia orgánica, así como la modificación del hábitat en la construcción de diques, embalses, canales, terraplenes, etc., al aislar al sistema de su fuente de nutrientes y modificar su hidrodinámica. Tal es el caso de la Laguna de Chachalacas, Mandinga, Pueblo Viejo, Coatzacoalcos, Ver.; Laguna de Cuyutlán, Col., Huizache-Caimane-

ro, Sin.; Estero de Punta Banda, B. C.; Laguna de Nichupté, Q. Roo.

Los del tipo 3, 4 y 5, de acuerdo a su intensidad y frecuencia pueden ir cambiando paulatinamente la estructura trófica del sistema, alterando el flujo de energía directamente, tanto en productores como en consumidores, reflejado esto en la disminución de la biomasa y/o aumento en la tasa de respiración. Como ejemplos están la Bahía de Guaymas, Son.; Coatzacoalcos, Laguna Verde, Ver.; Lázaro Cárdenas, Mich.; Laguna Superior, Oaxaca.

Los del tipo 6 y 7 tienen un impacto menor en el ecosistema ya que no afectan directamente el flujo de energía, debido a que sus efectos se manifiestan a largo plazo. Estos son de suma importancia por el daño indirecto que pueden ocasionar al hombre. Tal es el caso de Laguna Verde, Tamiahua, Alvarado, Pueblo Viejo, Ver.; Laguna Superior, Oax.; Laguna de Términos, Camp.; Laguna de Mecoacan, Tab.; y los complejos laguneros del estado de Sinaloa, como Laguna Yavaros, Bahía de Topolobampo, Bahía Ohuira, Bahía de Navachiste, Estero de Agiabampo, etcétera.

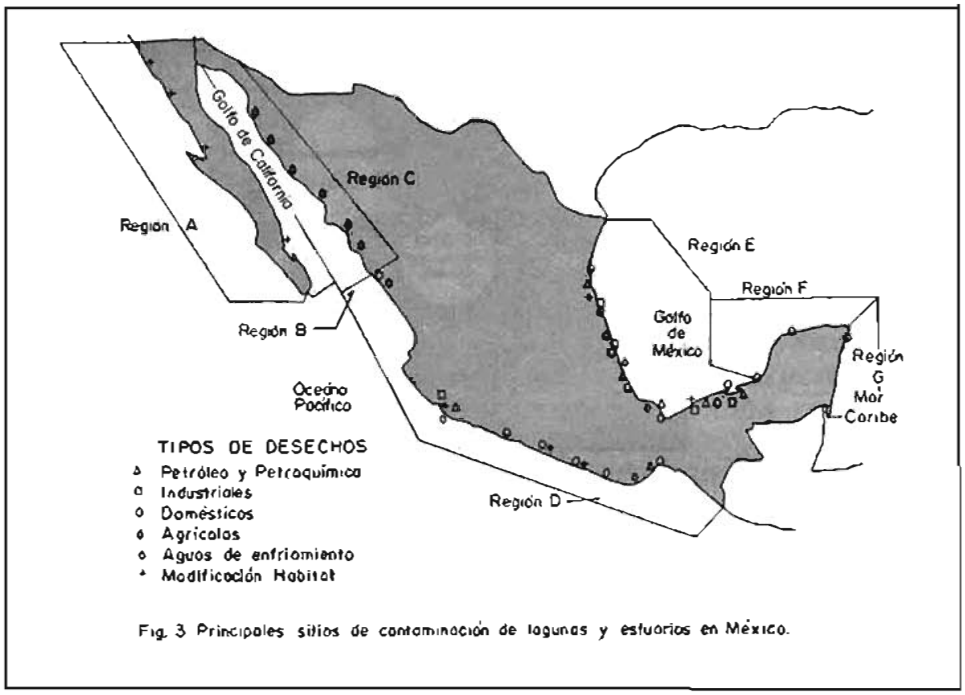


Fig. 3 Principales sitios de contaminación de lagunas y estuarios en México.

Panorama general de la contaminación en los sistemas lagunar-estuarinos de México

De acuerdo a la clasificación de Lankford (1977) de estos sistemas, se consideran 7 regiones: la región A y B comprende las costas de la Península de Baja California; en estos ecosistemas aún no se presentan niveles críticos de contaminación, ya que existen pocos asentamientos humanos y el desarrollo industrial se encuentra en vías de crecimiento. Hasta el momento los sistemas en proceso de deterioro son: la Bahía de Todos Santos principalmente en el Estero de Punta Banda, Bahía de San Quintín, Laguna Salada y Laguna de Guerrero Negro, B.C.N., San Juan de la Costa, Bahía de La Paz, B.C.S.

La región C abarca la costa de los estados de Sonora y Sinaloa hasta Mazatlán. El problema principal de esta zona es el aporte de agroquímicos (pesticidas y organoclorados) y en menor grado las descargas urbanas y la alteración del sistema. Los sitios afectados por los desechos agrícolas son: el estero La Cruz, Tastiota, Manorí, La Luna, Lobos, Siari, Yavaros, Agiabampo, Melagos, Atanasia, Aquiropo, El Soldado, Bacochibampo, Empalme, Tovari, Son.; Bahía Lechuguilla, Bahía Altata, Bahía Santa María, Ohuira, Topolobampo, Ahom, San Ignacio, Navachiste, Ensenada Pabellón, Estero Bacorehuis, Bahía Jitzamuri, Sin. En cuanto a descargas urbanas y modificación del ecosistema se encuentran El Empalme, Guaymas, Yavaros, Son.; Topolobampo, Sinaloa.

La región D se considera de las costas de Mazatlán, Sinaloa, hasta el estado de Chiapas. La laguna de Huizache-Caimanero y laguna de Escuinapa, Sin., están afectadas por la modificación del hábitat y descarga de agroquímicos. El delta del río Balsas en Lázaro Cárdenas, Mich., por su gran desarrollo industrial y portuario. Las lagunas de Cuyutlán y Las Garzas, Col.; lagunas de Potosí, Salinas del Cuajo, Nuxco, El Tular, Mitla, Coyuca, Tres Palos, Tecomate, Chautengo y Salinas de Apozahualco, Gro., están siendo impactados por el desarrollo urbano, turístico e industrial, destacándose los dos sistemas del estado de Colima por su alto grado de contaminación y alteración del medio.

En el estado de Oaxaca, el complejo lagunar que presenta mayor alteración ecológica es Laguna Superior, Inferior, Mar Tileme, ocasionada pro la infraestructura de la industria petrolera.

La región E se distribuye en las costas del Golfo de México desde el estado de Tamaulipas hasta el estado de Tabasco. Esta zona es la más impactada por diversas actividades del hombre, como la industria urbana, pesquera, transporte, turis-

mo y recreación, además de ser un lugar en el cual se depositan grandes cantidades de desechos, con sitios en donde se extraen energéticos. La laguna de San Andrés, Tamp., presenta cambios en su hidrodinámica debido a la construcción de un terraplén.

En el estado de Veracruz, Tabasco y Campeche: las lagunas de Pueblo Viejo, Tamiahua, Tampamachoco, Laguna Verde, Laguna del Ostión, Mandinga, Alvarado, Chachalacas, Ver.; complejo lagunar Carmen Machona, Mecoacan, Tab.; y Laguna de Términos, Camp., son los principales sitios de abastecimiento en recursos pesqueros para el consumo nacional. Sin embargo por el gran desarrollo de esta zona se presentan problemas muy agudos en contaminación, como en el caso de Laguna del Ostión, Ver.

Las regiones F y G comprenden la plataforma de Yucatán hasta Cabo Catoche y la Costa del Mar Caribe limitada por Belice. Esta

TABLA II. INTERACCIONES Y CONFLICTOS EN LA ZONA COSTERA

ACTIVIDADES	EFECTOS	ACCIONES PERTINENTES
Pesca	Presión sobre las poblaciones naturales.	Investigaciones básicas de los recursos. Regulación científica de la captura.
Maricultura	Modificaciones del litoral.	Investigaciones básicas de los recursos. Promoción de la producción.
Agricultura	Erosión. Contaminación por insecticidas y fertilizantes.	Trazo de la ruta de los contaminantes. Estudios de la circulación litoral.
Construcciones portuarias	Modificación de la circulación litoral y de la sedimentación.	Investigaciones básicas de los procesos oceanográficos costeros.
Dragado de canales	Modificación de la morfología costera y de la sedimentación. Presión sobre las poblacionaturales	Investigaciones básicas de los procesos oceanográficos costeros y de la biología de los recursos vivos.
Navegación	Contaminación por combustible. Ruido.	Trazo de las rutas de navegación. Saneamiento portuario.
Urbanización	Modificación de la morfología costera. Contaminación urbana.	Tratamiento de la basura y de las aguas negras.
Carreteras, caminos y calles	Modificación de la morfología costera	Construcción a una distancia adecuada de la playa seca. Protección de la vegetación litoral. Reforestación.
Industrias varias	Contaminación variada. Presión sobre las poblaciones naturales.	Tratamiento de los desechos. Investigaciones básicas de los procesos oceanográficos costeros.
Usos y recursos de la zona costera.	Conflictos económicos, sociales y políticos.	Legislación. Toma de decisiones con bases científicas.

zona aún no presenta problemas severos de contaminación, a excepción del estero Progreso, Yuc., y Laguna de Nichupte, Q. Roo, en donde son vertidas constantemente aguas negras (fig. 3).

Conclusiones

- Se debe destacar la importancia que representan los sistemas lagunar-estuarinos para el desarrollo del país, por sus múltiples usos y diversas actividades humanas.
- Por falta de un conocimiento de la dinámica ecológica se han subutilizado y sobrexplotado aun antes de conocer y usar adecuadamente los recursos potenciales de estos ecosistemas.
- El desarrollo industrial, urbano y turístico en torno a estos sistemas ha ocasionado cambios en las condiciones naturales.
- La magnitud con que opera un contaminante dentro del sistema se puede cuantificar por los cambios que causa en los flujos de energía.
- Las lagunas costeras y estuarios del Golfo de México y la costa sureste del Pacífico del país son en general las áreas con mayores problemas de contaminación, principalmente por la actividad petrolera, industrial y urbana.

Alternativas

Si bien es cierto que el desarrollo del país no se puede detener y es de gran importancia mantenerlo, también es cierto que es necesario preservar los recursos naturales, de tal forma que éstos puedan coexistir, para lograr su máximo aprovechamiento sin deteriorar el hábitat.

Lo antes mencionado es lo ideal, y para llegar a ello es necesaria la comprensión ecológica, mediante la integración de investigaciones multidisciplinarias que permitan disponer de las mejores opciones para: a) detectar los cambios producidos tanto por la evolución natural del sistema como por los efectos de la contaminación; b) evaluar el potencial de sus recursos; c) recomendar una explotación racional de los recursos renovables y no renovables; y d) administrar adecuadamente la zona costera con óptimo uso de sus recursos (Yáñez-Arancibia, 1982).

Es deseable canalizar a través de las distintas comisiones y convenios interinstitucionales que ya existen, y que se reestructuren con el fin de realizar estudios tendientes a conocer la ecología de los sistemas lagunar-estuarinos, estableciendo las bases de coordinación para evitar la duplicidad de funciones; que los recursos disponibles de cada institución se optimicen para, de acuerdo a los resultados obtenidos establecer un monitoreo ecológico en los sitios con mayores problemas de contaminación y en zonas en donde aún no se tienen niveles críticos de contaminación.

Debe ser un programa a largo plazo, de ser posible permanente y que mantenga cierta continuidad controlando las variables biológicas y ambientales. Para establecer éstas es necesario considerar los siguientes criterios: criterio científico, experiencia de investigaciones en el área, costo de análisis, equipo necesario y aplicación inmediata de los datos.

Concentrar la información en un banco de datos interinstitucional que sea accesible, disponible y que los resultados estén procesados.

Esta coordinación deberá estar integrada por las distintas secretarías involucradas en la contaminación y explotación de la zona costera, así como de las universidades e institutos de investigación, de tal manera que se organicen para la programación, muestreo, análisis e interpretación de los datos obtenidos.

Es importante generar una publicación periódica de los resultados del monitoreo ecológico, el cual nos permitirá controlar la entrada de energía y contaminación al sistema. Con ello se protege la salud humana y se determinan los patrones espacio-temporales de la contaminación y sus efectos sobre el sistema; asimismo se establece una continua aportación de datos para el manejo del ambiente. Todo esto nos permitirá diferenciar a largo plazo los cambios naturales del sistema y sus recursos frente a cambios inducidos por el hombre. También es útil en las normas y criterios ecológicos para en la toma de decisiones sobre uso y administración de la zona costera.

En la tabla II, se mencionan las diferentes actividades que se llevan a cabo en las zonas costeras, así como sus efectos y acciones pertinentes.

Literatura citada

1 A.V. Botello, *Hidrología y contaminación en lagunas costeras y estuarios*. Seminario Latinoamericano sobre Principios y Métodos en Ecología de Lagunas Costeras. Cent. de Ciencias del Mar y Limnología. OEA-UNAM, 44 p, 1980.

2 A.V. Botello, "La contaminación en el mar", *Ciencia y Desarrollo*, marzo-abril, núm. 43, año VIII, pp. 91-101, 1982.

3 M.F. Cárdenas, 1969, "Pesquerías de las lagunas litorales de México", en: *Lagunas costeras, un simposio*, Mem. Sim. Inter. Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, nov. 28-30, 1967, pp. 645-652, 1969.

4 J.W. Day, Jr., and A. Yáñez-Arancibia, "Coastal lagoons and estuaries, ecosystem approch." *Ciencia Interamericana* (Mar. Sci.), OEA, Washington DC, vol. 22, núm. 1-2, pp. 11-26, 1982.

5 E. Fǿyn, "Waste disposal and pollution in Coastal Lagoons", en: *Lagunas costeras, un simposio*, Mem Simp. Intern. Lagunas Costeras, UANM-UNESCO, nov. 28-30, 1967: pp. 281-290, 1969.

6 P. Lasserre, "Coastal lagoons. Sanctuary ecosystems, erodless of culture. Targest for economic growth," *Nature and Resumes*, 15 (4): pp. 1-21, 1979.

7 R.R., Lankford, "Coastal lagoons of Mexico. Their origen and classification", en M.L. Wiley, (Ed.) *Estuarine processes*. Academic Press. Inc., New York, 2: pp. 182-215, 1977.

8 H.E. Lugo, "Stress and ecosystems", en: J.H. Thorp y J.W. Gibbons (Edi.) *Emergy and Evironmental stress in aquatic ecosystems*, DOE Symposium Series (CONF. 771114): Oak Ridge, Tenn, USA, pp. 61-101, 1978.

9 H.T., Odum, "Woek circuits and system stress", en: H.E. Young (Editor), *Symposium on Primary Productivity and Mineral Cycling in Natural Ecosystems*, Univ. of Maine Press, Orono, Maine, pp. 81-138, 1967.

10 F.B. Phleger, "Some general features of Coastal Lagoons", en: A. Ayala-Castañares, and F.B. Phleger (Eds.) *Lagunas Costeras, un Simposio*. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras, UANM-UNESCO, nov. 28-30, 1967: pp. 5-26, 1969.

11 D.W. Pritchard, "What is an estuary. Physical viewpoint", en: G.H. Sauff, (Ed.) *Estuaries. Am. Ass. Adv. Sci.* Spec. Publ. 83: pp. 3-5, 1967.

12 A. Yáñez-Arancibia, "Usos, recursos y ecología de la zona costera". *Ciencia y Desarrollo*. marzo-abril, núm. 43, año VIII. pp. 58-63, 1982.

OPINION

COMPARTIENDO LAS EXPERIENCIAS*

SOBRE LA METODOLOGIA DE BUENAS Y MALAS PLATICAS

J.F. Plebañski**

El tema de esta plática es, francamente, bastante insolente. Se trata quizás más de sociología de la ciencia —los efectos de los cambios determinados, alrededor de los últimos 50 años en las "reglas del juego" que gobiernan la comunidad académica— que de ciencias físicas como tales.

Lo que me orilla a hablar sobre este tema es: 1) la obligación moral de concientizar a mis estudiantes mexicanos sobre los llamados "hechos de la vida", los cuales es peligroso ignorar; y 2) la experiencia adquirida "*by being in the business*" desde 1953, fecha de mi primera publicación. Desde esa fecha he escuchado muchas pláticas en varias latitudes: en mi patria, Polonia, en la URSS, en USA, en Dinamarca, ambas Alemanias, Turquía, etc., y también en varios países latinoamericanos. Pláticas impartidas por la gente representando —en ese momento— la onda de choque del progreso científico; y también las modestas pláticas de los estudiantes graduados, quienes han reflejado la inversión de tiempo y cariño de los supervisores de las tesis . . . o no tanto (aplicando el "no tanto" a

* El autor de esta plática es un fisicomatemático especializado en la relatividad general. El cree que por lo menos algunas de las observaciones de ella, quizás se aplican también en general al campo de las llamadas "ciencias duras", confesando incompetencia sobre los asuntos de las ciencias humanas, a pesar de su inclinación a ser crítico.

** Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F., con licencia de la Universidad de Varsovia, Polonia.

elementos núm. 10, año 3, vol. 2. Impreso en México

veces al estudiante a veces a los supervisores).

A inicios de esta plática tengo que confesar, explícitamente, mis propios pecados: en conversaciones posteriores —de algunas de mis pláticas— amigos científicos me han criticado por "disparar sobre las cabezas"; o al contrario, "de proceder en forma demasiado elemental", didáctica, en presencia de conocedores del asunto.

En esta plática intentaré sistematizar las experiencias positivas y negativas, las impresiones —obviamente subjetivas— de las pláticas que he atendido, y también de mis propias pláticas: las que resultaron malas y las que no tanto.

Ahora, unos comentarios muy específicos; primero, el problema de *a quiénes se habla*.

Obviamente hay diferencias esenciales si se habla: 1) a los "estudiantes de licenciatura", quienes por definición se supone que no saben nada, o en el mejor de los casos solamentee un poco sobre el aspecto técnico de la plática, 2) en la plática de tipo "coloquial", adonde seguramente asisten unos profesores que saben —como regla— mucho más que el joven ponente, y 3) en un seminario en el cual participan hasta algunos destacados especialistas internacionales.

Arriesgaré un comentario: en los tres casos el secreto del éxito consiste en "radiar en bandas amplias". Con esto quiero decir que, aparte de las diferencias potenciales en la

composición de la audiencia, es saludable suponer que "nadie es tan listo y educado como se cree, y tampoco tan tonto como lo creen los demás". En otras palabras, la plática tiene que contener componentes dedicadas a la gente no especializada —por lo menos un 50%—, las cuales contienen las *definiciones* de los conceptos usados. Después, unas "frecuencias más altas"; comentarios más sofisticados, que dejan claro *a los especialistas* que el ponente *sabe de lo que habla.*[1]

Ahora, ¿cómo lograr "radiar en bandas amplias"? Primero hay que acumular el material con el cual se puede radiar. Esto desde luego implica trabajo, trabajo y trabajo —y además un poquitín de inteligencia activa. Prácticamente esto implica el estudio de la literatura del tema, incluyendo hasta publicaciones que el director de tesis considera como secundarias en el asunto: siempre puede surgir una pregunta relacionada con la literatura secundaria. Todavía más difíciles pueden resultar las preguntas de físicos de otros campos afines, quienes trascienden los conocimientos del joven ponente. Mi consejo en estas situaciones es muy sencillo: honradez. Admitiendo la ignorancia sobre el punto dado, es tácticamente honesto pasar la pelota, por ejemplo, al director de la tesis, quien en último caso tiene la responsabilidad sobre el tema y su relevancia, al que sedujo al joven pasante.

Mencioné arriba "un poquitín de inteligencia". Hay varias definiciones de la inteligencia humana y de la artificial de computadores. Personalmente, me gusta la frase "inteligencia = el arte de olvidar todo lo que no es relevante". Uno de mis maestros, Leopold Infeld, quien colaboraba con Einstein, me enseño lo siguiente: "preparando el material de una plática, organiza todo lo que quieres decir en público; después resta la mitad en forma selectiva, finalmente, expón en público solamente la mitad de lo que quedó, dejando lugar a las preguntas de quienes entendieron de qué se trata". Los aspectos de paradoja y broma en esta afirmación son obvios, pero es claro que parte de eso tiene mucha profundidad. . .

Hablando sobre las pláticas para estudiantes de licenciatura, coloquios y seminarios ofrecidos por gente joven, un consejo práctico: hay muchas trampas en las cuales gente con poca experiencia puede caer: i) el pecado de no empezar con las citas sobre el tópico y no dar *créditos* adonde justamente pertenecen. Cometiendo este error, el ponente, a) mete un autogol evidenciando su ignorancia, b) todavía peor, se pone en la posición del descubridor de la bicicleta en 1986; todo eso, aparte de causar enojo justificable en la gente que contribuyó en forma relevante al asunto considerado. Siempre vale la pena dar todos los créditos merecidos —no solamente indicando nombres sino también la *razón* de la cita, y sólo *después* definir claramente en

1 A veces, "frecuencias demasiado altas" son saludables para los estudiantes inteligentes, concientizándolos de que para entender *todo* a fondo, todavía les falta mucho. . . Considero contraproducente crear la impresión superficial de que varios asuntos de la ciencia moderna son *totalmente* entendibles en términos de puros conceptos elementales, sin la necesidad de ver los aspectos técnicos de estos asuntos. Muchos de los divulgadores de la ciencia son en particular destacados pecadores en este campo; sus pecados tienen el peso social en proporción al talento de ellos. . .

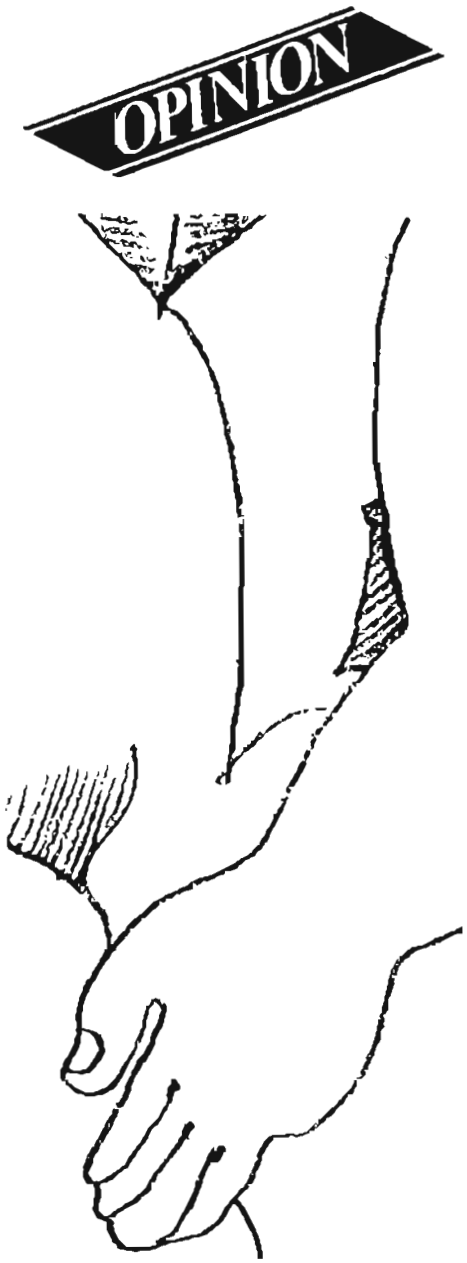
qué consiste la propia contribución del ponente. ii) Otra trampa en caso de los jóvenes físicos teóricos consiste en sobrecargar sus pláticas en la demostración de unas identidades de tipo algebraico, *tautológicas* como tales. Reitero, una buena plática tiene que contener las definiciones de los conceptos usados –más o menos entendibles para la gente que sabe diferenciar e integrar–, pero la plática que aparte de indicar las ideas de las identidades algebraicas o analíticas se aboca a demostraciones de ellas, pocas veces anima a los oyentes (este comentario se aplica, desde luego, solamente en general; hay casos excepcionales donde la demostración de una igualdad tautológica es crucial y totalmente fuera de rutina y adonde vale la pena elucidar los detalles, si se trata de la *física matemática*).

Paralelamente, en el caso de los jóvenes físicos experimentales hay una trampa que consiste en: iii) creer que el tema –por naturaleza especializado– tiene que ser de interés para *todos* los oyentes. Además, sin colocar bien el lugar de este tema en el orden general en ciencias físicas y delinear claramente en qué resulta el progreso obtenido, el éxito de la plática de quien ha caído en esta trampa es poco probable.

Hablando de las pláticas de jóvenes –y a veces hasta de los más establecidos experimentalistas–, en muchas ocasiones se les ve pecar: a) al bombardear rápidamente a la audiencia con las gráficas que contienen los puntos experimentales sin explicar claramente el significado de la coordenadas de la gráfica para los oyentes no-especializados; y b) al dejar sin discusión la credibilidad del resultado obtenido, o sea, sin la clara estimación del posible error y, entonces, de la veracidad del resultado que se presenta.

Ahora unos comentarios puramente técnicos sobre las categorías de pláticas de pasantes, pláticas de coloquios y seminarios.

Quizás desde el punto de vista técnico lo más importante es: ser capaz de terminar la plática en el



exacto tiempo asignado a ella. Este asunto es extremadamente importante, si se quiere confrontar las realidades de la actual sociología de la ciencia en marcha, y merece entonces ser desarrollado en detalle.

Elucidando este punto, empezaré con una confesión. Ni siquiera estoy seguro si soy capaz de acabar la *presente* plática a tiempo –logrando así evitar el pecado que yo mismo describo–. Muchas de las pláticas, en mi propia experiencia, no resultaron bien –como deberían, cuando he presentado algunos resultados de peso– por errores en la estimación del tiempo. Mis propios pecados cometidos en los últimos 10 años –a pesar de mi experiencia– creo que reflejan unas regularidades sicológicas generales. Cuando se ha trabajado muchas noches, robando tiempo al sueño, sobre algo difícil, entusiasmado con el resultado, se tiene la tendencia a decir demasiado, o sea *todo*, sobre el esfuerzo invertido, olvidando que una plática es un ejercicio en el arte de la comunicación (siendo esta última ciencia social, poseyendo sus rígidas leyes y reglas). Restringido en el "*corset*" del tiempo corto, no sé si nuestro libido, ego o superego tiene la tendencia a empujarnos a olvidar estas leyes y reglas. . . perdiendo de vista que, de acuerdo con éstas, en cinco minutos se pueden decir muchas cosas tontas e igualmente muchas cosas muy sabias. Lo esencial es juzgar correctamente qué tipo de cosas pueden penetrar al público, a quien seguramente no importan las noches no dormidas mencionadas antes y tampoco el entusiasmo sobre el resultado presentado. Lo único que puede realmente penetrar es la *curiosidad científica* general, en principio fácilmente estimulada hasta en los no especialistas si se logra establecer un nivel satisfactorio de comunicación.

Ahora unas anécdotas que ilustran el asunto del "tiempo limitado" para una plática. Si lo recuerdo bien, en 1953 (¿quizá 54?), durante el Congreso de la Sociedad de Físicos de Polonia, en Cracovia, el organizador del evento, Profr. Jan Weysenhoff tuvo una idea brillante: los ponentes de comunicaciones cortas, de 10 minutos, estuvieron amenazados con progresos de la tecnología de este siglo: el reloj de alarma, después de señalar los 10 minutos hacía funcionar el mecanismo de la cortina automáticamente, haciéndola caer en dos minutos más (hay una versión más que yo considero apócrifa, que originalmente el inventor propuso que en un minuto más el reloj activara una "regadera" sobre el molesto ponente).

La otra, no tanto anécdota sino triste verdad: tuve el honor de asistir en mi vida científica a

varias pláticas cortas de 10 minutos, en donde el ponente estaba proyectando cada medio minuto una transparencia elaborada con detalles algebraicos en la escritura, deliberadamente comprimida, que para leerlos se necesitaba quizás un microscopio, no obstante la ampliación mecánica. . . Después de una de las pláticas de este estilo, uno de mis amigos científicos propuso: *"after this waste of time, I believe that we can use it more purposefully: let's go to the bar and have a drink. . ."*[2] Así sea tan triste, con toda nuestra compasión al ponente —en este caso no tan joven—, recordando, por supuesto, sus noches no dormidas, tengo que admitir que mi amigo tuvo toda la razón, y después de esa plática apreció muy refrescante un *whiskysour*; al precio de perder las pláticas que siguieron después, más informativas y útiles quizá.

La moraleja de esta triste historia es muy simple: el expositor, sobreentusiasmado con sus 20 transparencias en 10 minutos, no solamente se desacreditó con sus oyentes sino que puso en situación incómoda a los que lo siguieron con sus pláticas, y además me causó el gasto de unos —en esos tiempos— 3 ó 4 dólares por las bebidas refrescantes. . . Ojalá que este triste cuento quede en la memoria de los estudiantes. Hay aquí una regularidad sociológica que se aplica en todas latitudes, a escala internacional, nacional y hasta en el propio departamento a que pertenecen.

Aquí quiero agregar algo quizás relevante: superficialmente la moraleja anterior puede parecer cínica, enfatizando lo de P.R. (*"public relation"*) como algo más relevante que las "noches no dormidas". Enfáticamente, quiero aseverar que lo que respeto más son "las noches no dormidas" y el entusiasmo, incluyendo el juvenil e irresponsable. Citando a Isaac Asimov —lo de citar correctamente es parte del mensaje de esta plática— "éstos que no

2 "Después de esta pérdida de tiempo, yo creo que podríamos usarlo más provechosamente: vámonos al bar y tomemos un trago. . ."

OPINION

saben que algo es imposible, encuentran cómo hacerlo".[3]

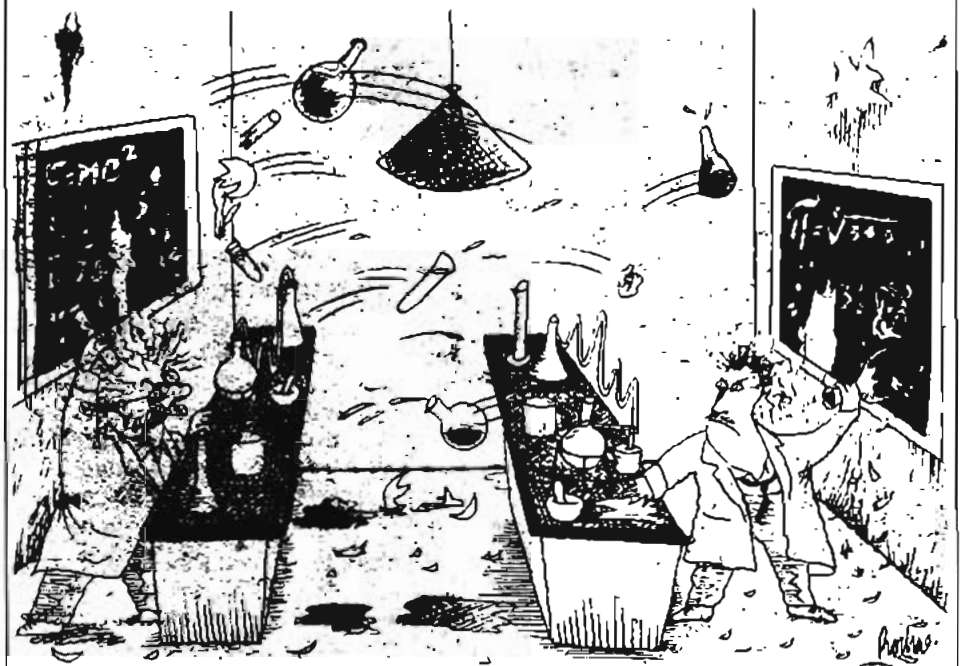
Sin embargo —y éste es el punto importante de esta plática— si las "noches no dormidas" y el "entusiasmo" sobre los resultados obtenidos han de tener un *impacto* sobre los demás, es esencial confrontar las realidades del arte de la *comunicación, del arte sociológico.*

Los errores cometidos en estas artes no benefician a nadie. Siguiendo con la "actitud seudo-cínica", o sea realista: ofreciendo la mercancía de manera que nadie la compre, simplemente se *pierde* el sacrificio de las "noches no dormidas". Con lo anterior estoy desafiando —particularmente a los científicos jóvenes de la América Latina— a que se "vendan bien", aceptando las realidades del "mercado internacional". En particular, sin ningunos complejos de tipo "malinchista". Creo que con mis antecedentes y mi nombre polaco —del cual estoy orgulloso— será difícil acusarme de nacionalismo mexicano. Pero estoy sinceramente convencido de que la actitud de exagerada cortesía y *admiración* a *todos* los visitantes de arriba del río Bravo, entre ellos muchos que no necesariamente representan una calidad internacional destacada, no es útil. A veces hasta resulta perjudicial para los mismos visitantes que esperan —de acuerdo a las reglas del juego en su propio ambiente— la crítica feroz, hasta ruda y brutal. ¿Por qué no se las ofrecemos, estando en muchos casos capacitados para eso?

Los comentarios arriba señalados conducen de una manera natural a reflexiones sobre la categoría de las pláticas invitadas en congresos na-

3 No es literalmente lo que J. Asimov ha dicho, pero la idea es de él; consideren eso como el ejemplo: cómo aun siendo flojo en buscar la referencia exacta —que es un pecado— a pesar de todo, se puede dar crédito al originador de una idea importante.

HOMBRES DE CIENCIA ■ Rocha



cionales e internacionales, y en cursos internacionales sobre temas especializados, y las responsabilidades de los *"resumers"* de estos eventos.

En esta categoría se da por hecho toda la habilidad, la técnica del ponente y la sabiduría para evitar fácilmente las trampas mencionadas. Como en todas las cosas, hasta en esta categoría se aplican las leyes de probabilidad; en mi experiencia de asistir a muchos eventos de este tipo, saco la conclusión de que la calidad de ellos se conforma a una curva gaussiana: hay unas pláticas sobresalientes y verdaderamente brillantes, hay unas que definirlas como desastres significa ser bondadoso, y hay, la mayoría de éstas, que desde el punto de vista estadístico son exactamente mediocres. Lo único que hace la diferencia esencial en las pláticas de este tipo y las discusiones que se siguen después, es el *estilo*.

Para hablar de los diferentes estilos estoy consciente que me voy a deslizar sobre hielo de grosor pelibroso. Pero creo que a uno que ejerce la profesión de licenciado en leyes le conviene decir la verdad solamente la verdad, pero *nunca*, por ejemplo, toda la verdad. Sin embargo, en el contexto de esta plática será útil ofrecer a ustedes un

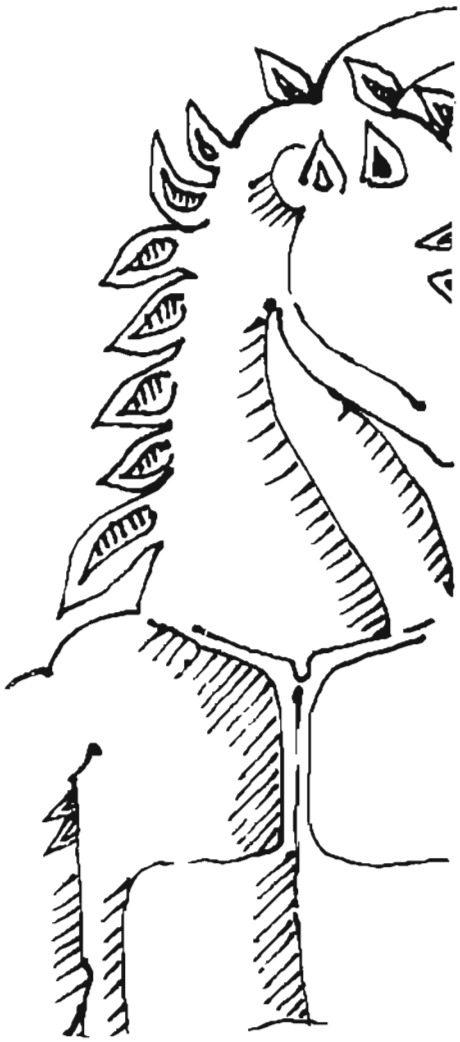
OPINION

poco de "toda la verdad" que mi experiencia me enseñó.

Hay, básicamente en términos estadísticos, tres estilos: 1) Americano Joven, 2) Ruso Joven (ambos muy parecidos), y 3) el estilo que no corresponde a las realidades sociales de las comunidades científicas de las grandes potencias y tiene sus raíces en lo que representa la anterior historia de la cultura y la ciencia y que, por la falta de otra palabra, llamaré "estilo civilizado".

Aclaración: la clasificación anterior no conlleva *ninguna intención* peyorativa hacia la ciencia americana o rusa y sus representantes destacados. De hecho, las más "civilizadas" pláticas que tuve placer y honor de atender, fueron de unos científicos americanos y rusos maduros: gente que se formó en la época heroica de la mecánica cuántica. Pero en términos estadísticos, hablando de experiencias actuales, no puedo dejar de comentar que el estilo promedio americano joven está cargado con la implícita —o a veces hasta explícita— idea básica *"I was the first"*; y, paralelamente, el estilo ruso joven está cargado con la idea *"we had it before you"*. Esto causa que ambos estilos no den la atención suficiente a lo que se habla; la plática se desvía a establecer los derechos de patente. . . ¿Por qué estos estilos, con el predominio del "yo" o "nosotros", dominan en estos días —en promedio— la vida científica internacional? Es una pregunta que merece el interés de los sociólogos profesionales. Por mi parte, puedo contribuir solamente con la observación de que las condiciones socioeconómicas de hoy en muchos lugares están forzando a los jóvenes científicos —sobre ellos principalmente hablo— a establecer sus credenciales de ser "exitoso en investigación" tan rápido como sea posible, conforme a las leyes válidas darwinianas de la sobrevivencia de lo más capacitado. . . Pero en la práctica este tipo de estilo no funciona tan bien como sus practicantes lo esperan. Distintas ambiciones de competidores se cancelan como flechas vectoriales opuestas, y el resultado final todavía depende del juicio de éstos que ejercen el "estilo civilizado" en USA, URSS o en otras partes, establecidos suficientemente como para estar seguros de lo suyo.

Sobre esto que definí —basado en una pragmática y actual descripción del asunto —como "estilo civilizado", con el enfático *"understatement"* sobre lo del "yo" o "nosotros", en realidad no conviene hacerse demasiadas ilusiones. Si este estilo es practicado *deliberadamente*, ciertamente implica hipocresía y solamente esconde ambiciones, muchas veces más feroces que las ambiciones de los jóvenes, quienes en su inocen-



cia protestan lo de "yo", porque desean una promoción para ser capaces de casarse, o simplemente llegar a un nivel de vida más tolerable. . . *Desde luego*, hay muchos practicantes del "estilo civilizado" que lo ejercen *sinceramente*, por su constitución psicológica, los cuales son tocados con la "locura divina" de la compulsiva curiosidad científica, para quienes lo de ser científico no es una profesión competitiva en nuestro tiempo, sino una vocación. A final de cuentas, creo que se aplica la cita de una de las obras de Aldous Huxley: *"among all the beast which jump on the surface of this planet, the scholar is not the worst"*.[4]

Quiero contribuir ahora con dos comentarios: uno sobre las preguntas y respuestas que siguen a una conferencia y el otro sobre el mundano asunto de la técnica de presentar una conferencia.

4 "Entre todas las bestias que saltan por la superficie del planeta, el estudioso no es la peor."

OPINION

Las preguntas que siguen a una plática nunca son tontas. Sólo existen las respuestas tontas.

El ponente que preparó su plática y conoce el material vinculado con lo que ha hablado, normalmente debe ser capaz de responder en forma satisfactoria preguntas concretas. Pero a veces pueden surgir las preguntas claramente fuera del tema, o afirmaciones mal intencionadas, especialmente de tipo "éstos y estos señores ya lo han tenido. . .", no siendo cierta, necesariamente, tal afirmación.

¿Qué hacer en estos casos? Después de haber visto muchas situaciones de este tipo, creo que puedo recomendar como táctica general: 1) la calma y perfecta cortesía ante cualquier cosa que se diga; 2) la actitud concreta, o sea: si la pregunta a juicio del ponente está fuera de su tópico, determinarlo con la contrapregunta en claro, y después admitir que en este momento no se está capacitado para dar una respuesta satisfactoria; finalmente, 3) una respuesta relacionada con las prioridades —con intención no exactamente benevolente—. La práctica demuestra que conviene pedir las referencias en forma tranquila y *punto*. En caso de que el ponente esté seguro de que el desafiante entendió mal el asunto, la respuesta cortés, pero muy firme, que explica por qué el trabajo citado de otros autores no tiene nada que ver con el resultado presentado, normalmente es conveniente.

Incidentalmente, dentro de la convención "civilizada" este tipo de preguntas o respuestas sobre la posible vinculación con los trabajos de otros —aparte de los casos extremos de la obvia coincidencia esencial de los resultados— es preferible aclarar *después* de la plática, en *privado*, o si se hace en público en la forma de observación, que el ponente puede "quizás encontrar de interés los trabajos tales y cuales". Sin conocer a fondo el material del trabajo presentado no se puede realmente juzgar, después de una plática no necesariamente bien construida, si el *"overlap"* con el trabajo de otro es relevante.

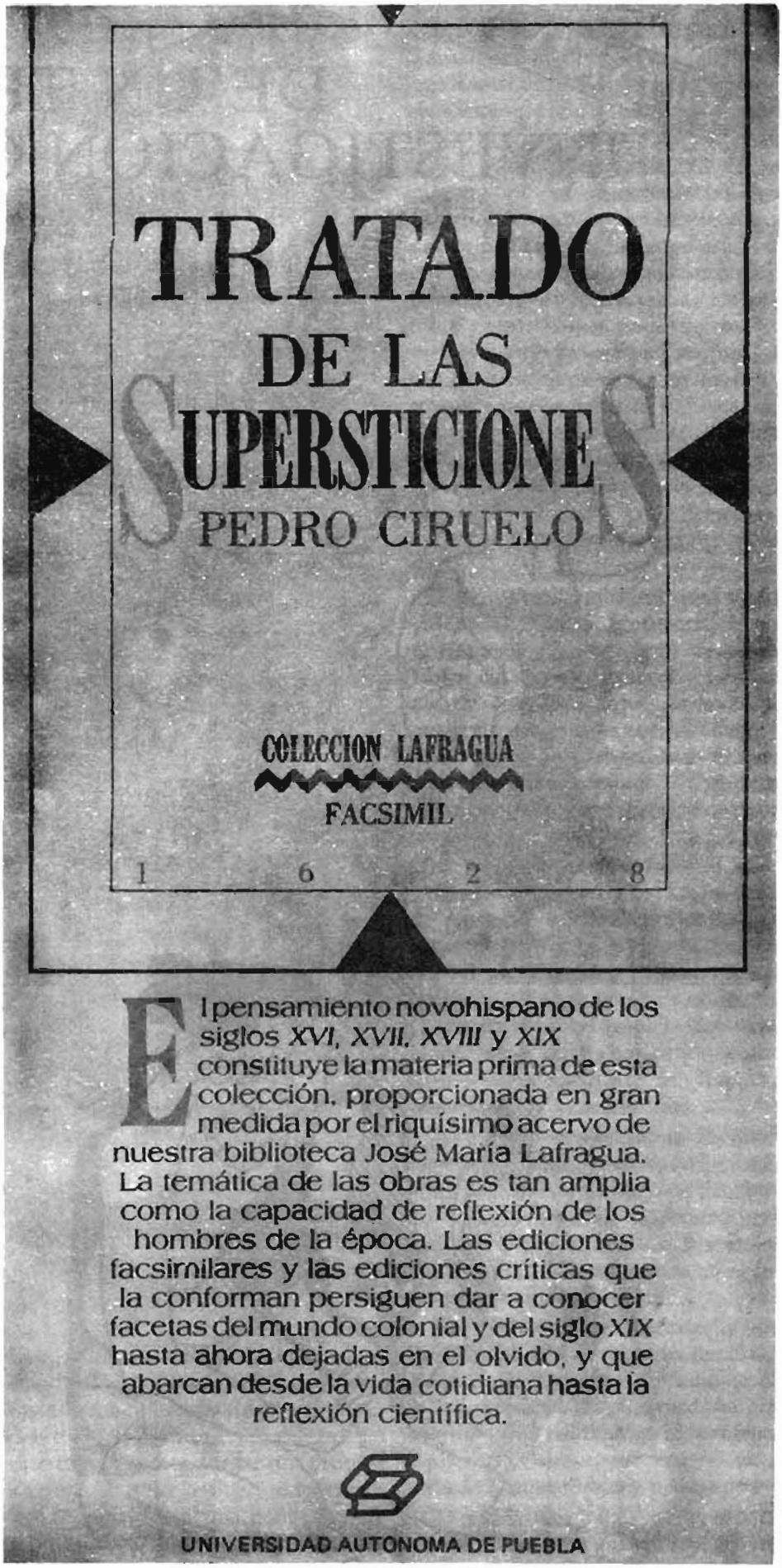
Ahora lo elemental, pero no por ello menos importante, de la propia técnica de una plática. Si se hace con transparencia, hay que aprender 1) cómo construirlas, 2) cómo manejarlas, y finalmente 3) cómo estimar precisamente el tiempo en el cual hay que terminar la plática. Nada de eso es trivial, y la maestría de este asunto viene solamente con la experiencia. Transparencias bien preparadas destacan lo que realmente importa —lo que se sigue con el comentario verbal— y contienen

también en forma clara el material secundario que *no necesita* comentario verbal (definiciones, identidades), pero que ayuda a los no-especialistas a entender de qué se trata. Hasta el tamaño de las letras usadas es importante. . . Construyendo una transparencia hay que hacer un esfuerzo mental por *definir* a uno mismo qué es precisamente lo que se quiere comunicar y para qué tipo de público. . . y lo que precisamente *voy a decir* presentando la transparencia. Lo anterior se aplica desde luego también si se usan los "*slides*".

Quizás las más difíciles son las pláticas del tipo clásico, enfrente del pizarrón con el pedazo de gis. Eso fuerza al ponente a la verdaderamente inteligente selección de lo *relevante* del material que quiere presentar. En la preparación de una plática de este estilo, hay que pensar bien qué y en dónde conviene poner en el pizarrón (el cual tiene tamaño *finito*), qué cosas se pueden borrar, cuáles hay que conservar para la referencia futura. El buen uso del pizarrón es un arte; y como tal, si se olvida la técnica en su uso el mensaje que se quiere comunicar llega al público muy distorsionado...

Terminaré esta plática aseverando que he visto muchos excelentes investigadores, con resultados profundos, quienes son muy pobres expositores. También he visto muchos excelentes expositores, maestros en la didáctica, cuya contribución como investigadores activos tiene poca relevancia. No estaba en mi intención, en esta plática, glorificar excesivamente lo de la técnica en el arte de la comunicación; simplemente indicar cuáles son los errores y trampas obvias que nos amenazan si se olvida que una plática es un fenómeno social, con todas las consecuencias de esto y sus ramificaciones.

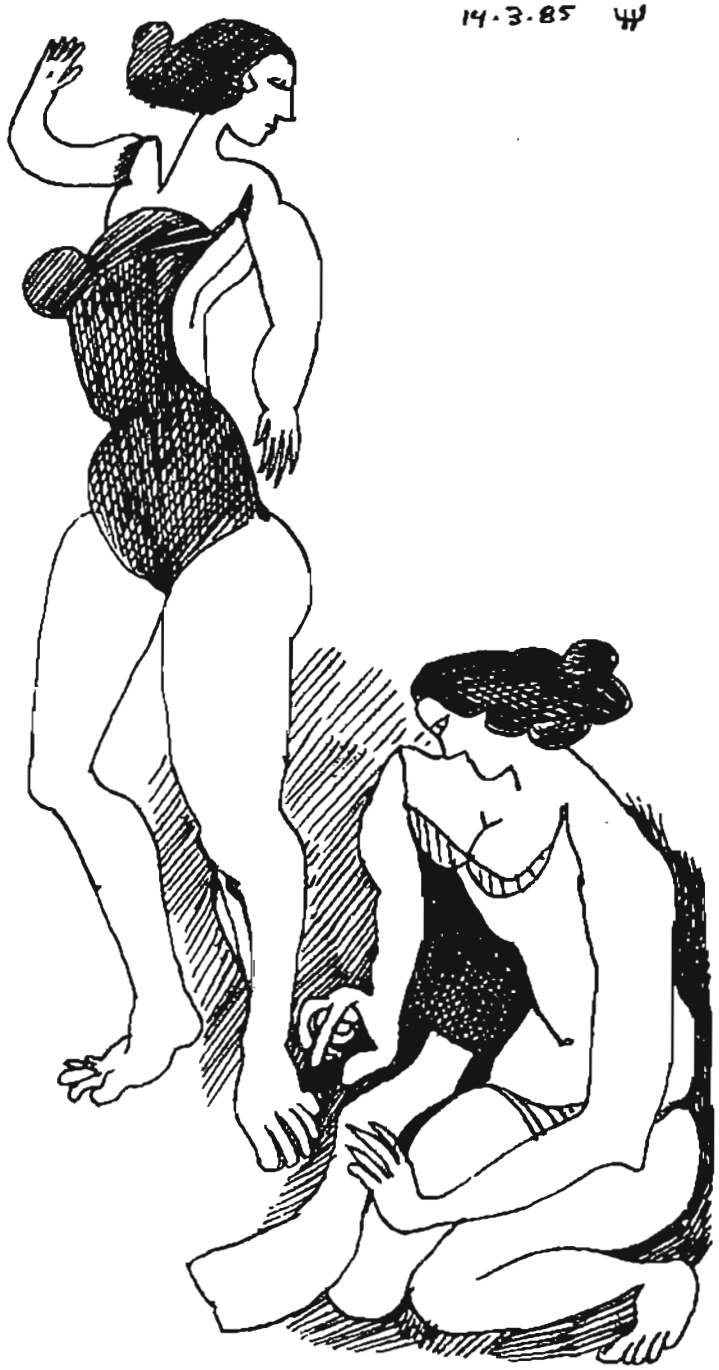
Ahora mi última observación. Quizás los verdaderamente grandes de la ciencia pueden permitirse el lujo de vivir dando pláticas técnicamente *malas*, pero con contenido *aplastante*. Creo que nosotros, *mortales*, no tenemos derecho a eso.



OPINION

EL INICIO DE UN TRABAJO DE INVESTIGACION CIENTIFICA

Joaquín Luco Valenzuela*



La investigación científica tiene como base la curiosidad del hombre por conocer la naturaleza. Ello exige un postulado: "El hombre es capaz de alcanzar cierto grado de independencia para poder analizar aquello de lo cual él forma parte."

La historia del desarrollo científico nos muestra que este postulado ha permitido el progreso.

El hombre puede actuar como observador o como experimentador. Cuvier marcó la distinción: "El observador escucha la naturaleza, en tanto que el experimentador la interroga y la obliga a descorrer sus velos." Claude Bernard fue más explícito cuando afirmó: "La observación muestra en tanto que la experimentación instruye." Y agregó: "La experimentación es una observación razonada."

No obstante, la interrogación no se debe detener en una descripción y sistematización. Debe llegar más lejos y encontrar una explicación de los hechos, de manera que se puedan inferir predicciones. Aún más, se pretende –al decir de Arturo Rosenblueth– "... llegar a modelos abstractos o teóricos lógicos, que representen fielmente las relaciones fundamentales invariantes que existen en la naturaleza".

El científico, al descubrir la naturaleza, adquiere nuevos conocimien-

*Neurofisiólogo chileno, Premio Nacional de Ciencias. Conferencia ofrecida en la Sala Dr. Eduardo Vázquez Navarro de los Laboratorios Clínicos de Puebla (abril de 1986).

elementos núm. 10, año 3, vol. 2. Impreso en México

tos. Algunos de éstos pudieran formar parte del contexto hipotético que él había construido, otros, que no había imaginado, le señalan nuevas fuentes de inspiración. Luego se requiere precisar las relaciones entre lo previamente conocido y lo recién adquirido. Para ello el científico amplía su hipótesis o imagina una nueva. Es un proceso que nunca acaba, porque la curiosidad aumenta cada vez que un velo cae y así se va repitiendo el diálogo hombre-naturaleza. Cada nuevo diálogo puede plantear dudas sobre interpretaciones anteriores y aun de hechos que se aceptaban como tales.

Se puede llegar más allá, siempre que los nuevos conocimientos posean un alto valor intrínseco y siempre que ellos sean manejados por hombres dotados de capacidad sobresaliente. Llegar más allá significa elaborar una teoría, la cual implica dar existencia a un ente intelectual, y sólo así se puede realizar en ciencia lo que justamente se debe llamar una creación científica, que con frecuencia exige la invención de nuevos vocablos que enriquecen el lenguaje.

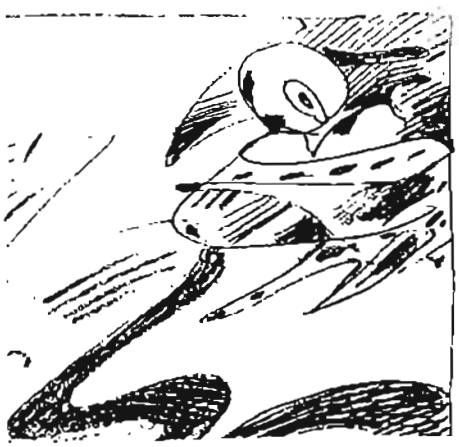
El hombre, al no estar dotado de poderes divinos, necesita —para poder crear— llegar a ser uno con la naturaleza y poseer, además de todo lo que se exige de cualquier científico, una fuerte capacidad de abstracción y de síntesis. A pesar de todo, podemos ser optimistas al recordar que las entidades intelectuales se sitúan en una escala de valores.

Hay algo más. Los resultados obtenidos por una experimentación científica llevan como pecado original la inevitable participación del investigador, ya que cada vez que se pretende hacer una observación debe realizarse una modificación. Además, debemos tener presente que las leyes que rigen los procesos elementales son probabilistas y no rigurosas. Debemos, por lo tanto, aceptar que la realidad externa no es totalmente asequible.

En su deseo de saber más, el biólogo ha recorrido una larga ruta trazada por su inteligencia y repartida en el tiempo y en el espacio. La

meta de otrora, saber lo que es la vida, se ha abandonado; hoy se pretende saber dónde ella está y el cómo ella funciona. Hemos dicho que en esta búsqueda el hombre dialoga con la naturaleza. Hay entonces dos personajes que entran en escena; siendo la principal diferencia el que uno de ellos posee un lenguaje objetivo, definidor, cerebral, lógico, analítico; es el lenguaje de la razón, de la ciencia, de la interpretación y de la explicación. En cambio, el lenguaje de la naturaleza es más difícil de precisar, porque no es el lenguaje de la definición. Podría designarse, tal vez, como el lenguaje de la imagen, acaso del símbolo.

Se ha aceptado que quien inicia el diálogo es el hombre. Pero no hay razón para dudar que aquella naturaleza que se fue incorporando en la inteligencia humana es parte esencial en el intercambio hombre-naturaleza.



* * *

La revisión de la historia de las ciencias biológicas nos ofrece muy distintas situaciones referentes al inicio del diálogo hombre-naturaleza. En este trabajo voy a contar mis propias vivencias. Sólo en el enigmático tema de la intuición haré algunas referencias de la literatura.

Marzo de 1931. Llega Jaime Pi-Suñer a la Estación Mapocho de Santiago. Venía de Barcelona, como profesor contratado para la cátedra de fisiología de la Facultad de Medicina, recién fundada en la Universidad Católica de Chile. Al día siguiente de su llegada se efectúa la primera reunión del personal que colaboraría con el fisiólogo español. No se discutió la organización del laboratorio ni la docencia. Lo primero en ser considerado fueron los proyectos de investigación que Jaime traía en carpeta. En ese momento capté que, a pesar de su juventud, el profesor que llegaba era un investigador, y no sólo un profesor que repetía textos clásicos, algo que en aquellos años era muy frecuente en Chile. Lo viví durante mis estudios.

Como se quiera, "por obra de Fo y Confucio", yo tenía inclinación por el estudio del sistema nervioso. Elegí el tema "acinesia", algo que nunca entendí y que todavía no entiendo. Pero algunos datos experimentales pude obtener y ello significó mi primer trabajo. Felizmente se publicó en una revista de muy escasa circulación. Sólo una tía me dijo que "era muy interesante"...

Yo fui un obrero honesto, al decir de Augusto Rodin. La idea la propuso el profesor, usé una técnica que él me enseñó y la rana me entregó su vida. A pesar de todo, fui yo quien firmó el trabajo. Emotivamente, me sentí bautizado como fisiólogo, entusiasmo de juventud que bien vale haber vivido.

A los dos años, Jaime Pi-Suñer regresa a España. Las suscripciones a las pocas revistas que nos llegaban no se renovaron, como consecuencia de la depresión de los años treinta. Y él perdió la esperanza en el futuro de la ciencia en Chile.

En 1936 mi buena estrella me llevó hasta el Laboratorio de Fisiología de la Escuela de Medicina de la Universidad de Harvard, donde además de fisiología, el profesor Walter B. Cannon me enseñó vida, vida de hombre libre y profundo.

Después de haber aceptado mi petición de incorporación al labora-

torio, el Dr. Cannon me pregunta: "¿En qué tema quiere trabajar?" "Profesor —le digo—, he venido a su laboratorio porque la línea de trabajo que usted sigue me atrae intensamente. Le ruego entonces que usted me señale cuál es el tema de investigación que en este momento corresponde hacer." La línea se refería a los cambios de sensibilidad por denervación. El estaba preocupado por conseguir algunos datos más para completar lo que llamó "Ley de Denervación". El trabajo que él me sugirió realizar consistió en el estudio de la posible supersensibilidad en estructuras donde el sistema simpático es inhibidor. Al día siguiente iniciaba esa investigación. Fue otra vez una idea del profesor, él me sugirió el tema y la técnica. Yo, felizmente, tenía alguna preparación para poder realizarla y en pocos meses el trabajo fue publicado en el *American Journal of Physiology*. Desde aquella revistita mínima de la Universidad Católica de Chile al *American Journal of Physiology* había para mí toda una etapa recorrida; sentí que había escalado hasta una altura a la que deseaba llegar siendo joven.

No obstante, no me sentí el autor de ningún trabajo de los que yo había publicado, sólo había actuado como un obrero honesto. Pensaba que, en algún momento, podría tener alguna idea original, realizar los experimentos, escribir el trabajo y así ser el autor indiscutible.

No es tan fácil definir en ciencia el término "original"; la ciencia va avanzando, aparecen nuevos problemas y se van precisando preguntas experimentales. No hay duda de que muchas veces uno cree ser original y el trabajo o ha sido ya publicado o está siendo realizado en otros sitios; o el trabajo es la etapa que naturalmente se desprende de resultados que se han dado a conocer en revistas científicas.

Para mí "originalidad" es algo que brota de uno mismo, pensando que objetivamente no se ha realizado antes. De más está decir: hay que verificar que no se haya publicado. No vale la pena repetir experimentos que no ofrecen duda.

OPINION

No debe confundirse la búsqueda de algo nuevo con el afán de ser el primero. Vale más la calidad que el tiempo. Sólo hay que competir consigo mismo en busca de la excelencia. Recuerdo que, en una de las reuniones de ayudantes con Jaime Pi-Suñer, él comentó un trabajo de una de las pocas revistas que en esa época recibíamos, el *Journal of Physiology;* y después del comentario dijo: "Es obvio que el paso próximo se desprende claramente del trabajo que hemos comentado. Sin embargo, debemos ser honrados y ese paso dejárselo al autor de este trabajo. No podemos quitarle el derecho que él ha ido conquistando. Está claro que si en dos o tres años él no da a conocer nuevos resultados, se tendrá libertad para realizar la investigación que en estos momentos estoy pensando."

No olviden que esto ocurrió al inicio del decenio del treinta. Ahora, en el decenio de los ochenta, es —desgraciadamente— muy poco frecuente la preocupación de no arrebatar a otro lo que naturalmente le corresponde. La competencia ha contaminado el quehacer científico y en mala hora eso ha ocurrido.

* * *

Volvamos por un momento al tema que me propuso el doctor Cannon. Se trataba de estudiar, en el útero de gata virgen, el efecto de la denervación. Habían transcurrido dos semanas desde el inicio del trabajo y un día frío el estilo de Boston, miraba por la ventana del laboratorio de la escuela de medicina de Harvard y —cosa extraña— sentí "saudade". Seguramente en Chile estaba brillando el sol. Mi novia quizá pensaba en el día de mi regreso. Llegué a decirme: "No ha sido fácil este viaje a Boston, no fue cómoda la tercera clase del barco y. . . ¿acaso es tan importante para mi vida el útero de gata virgen?" Eso pasó rápidamente, fue un pensar de vuelo de pájaro que no dejó huella. Pero si ahora analizo en detalle el significado de este trabajo para mi producción posterior, debo concluir que el útero de gata virgen estaba preñado de sugerencias que me inspiraron algunas líneas de investigación que desarrollé durante varios años.

Los resultados obtenidos estudiando los cambios de excitabilidad provocados por denervación, me indujeron a plantear la posibilidad de que dichos cambios podrían significar que las membranas celulares poseyeran plasticidad; y ello quizá explicaría numerosos procesos fisiológicos. En otros términos, sentí que una idea estaba naciendo de mí mismo y que con el tiempo dejaría de ser el obrero honesto.

De vuelta a Chile —ya a cargo de un laboratorio, rodeado de gente más joven— varios fueron los trabajos que se publicaron y que tuvieron como punto de partida la huella que el útero de gata virgen dejara en mi formación.

Fueron trabajos que pueden ser catalogados como el resultado de un *proceso razonado,* otro modo —quizá el más frecuente— de iniciar un trabajo de investigación, de iniciar el diálogo con la naturaleza.

Así nuestras contribuciones ya eran como un algo que, aunque pequeño, calzaba en la textura que se iba lentamente delineando con el progreso del saber del tema que nos preocupaba.

Posteriormente, nuestros aportes no sólo continuaron en la línea trazada por el pasado inmediato. Derivamos hacia un nuevo rumbo dentro del mismo tema.

En una de nuestras series experimentales, estudiamos las diferencias entre preparaciones sinápticas poseedoras de un axón largo y preparaciones control poseedoras de un axón corto. Fue un trabajo sencillo en su técnica pero extraño para muchos. Nuestras conclusiones demoraron cerca de quince años en ser aceptadas, pero constituyeron el punto de partida de trabajos realizados en varios laboratorios de diferentes países.

A las dos maneras de iniciar un trabajo de investigación (el obrero honesto y el proceso razonado) hemos agregado otras que entramos a analizar. Nos referimos al azar como fuente de inspiración.

Pi-Suñer vuelve a España y nosotros por algún tiempo "sentimos la deriva". En los vaivenes de ella de-

OPINION

cidimos adiestrarnos en técnicas experimentales. Llegamos así a obtener una preparación corazón-pulmón-hígado, que se mantenía por largas horas en condiciones aparentemente fisiológicas. Por razones obvias, ensayamos en esta preparación los efectos de la insulina y observamos un resultado inesperado. En lugar de obtener hipoglicemia, observamos una intensa reacción hiperglicemiante. Concluimos que la insulina preparada en Chile estaba contaminada con un factor desconocido.

Al igual que en mi primer trabajo, éste tampoco sirvió para la ciencia, sólo sirvió para titularme de médico.

Hay algo más, algo que para mí fue profundamente emotivo, la carta que recibí del profesor Bernardo Houssay, de su puño y letra, cuando yo le envié un ejemplar de mi tesis. La misiva que desde el levante cruzó Los Andes me hizo sentir que yo ya era un fisiólogo en formación. Y el cuento no termina aquí. Recibí la carta del profesor argentino alrededor de 1935. En 1948, cuando laboraba en México con Arturo Rosenblueth, maestro que dejó profunda huella en la formación de mi personalidad, recibí otra carta del doctor Houssay, en la que me decía: ". . .usted fue el primero en tener en sus manos el glucagón y se le escapó, no lo imaginó, no lo trabajó, la hormona había nacido muerta".

Había sido un *descubrimiento por azar. . .* pero yo no estaba preparado para captarlo.

Joseph Henry, un físico americano, dijo antes de Pasteur: "La semilla de los grandes descubrimientos está constantemente flotando alrededor de nosotros, pero ellas sólo echan raíces en las mentes preparadas para recibirlas."

* * *

Corría el año 1932. Con el objeto de hacer una demostración experimental a los alumnos sobre equilibrio, en dos de cuatro palomas lesioné los canales semicirculares de un lado. Las cuatro palomas se conservaron en el laboratorio y, a medida que el tiempo transcurría, la posición anormal de la cabeza de las palomas operadas se iba lentamente corrigiendo. Después de varios meses no se distinguían de las palomas normales.

Al año siguiente se utilizaron las mismas cuatro palomas para mostrar a los estudiantes un régimen alimenticio falto de vitamina B. Surgió un resultado inesperado: el primer síntoma que se observó fue una descompensación de los trastornos provocados por la antigua lesión de los canales semicirculares. Semanas después, los clásicos síntomas de avitaminosis se observaron tanto en las palomas operadas normales como en las operadas.

Este hallazgo casual nos condujo a formular una clara pregunta. Desgraciadamente, por falta de preparación y de medios, el trabajo nunca inició la búsqueda de la respuesta.

Entre los dos azares referidos hay una diferencia importante: el primero no generó pregunta alguna, el espíritu todavía no estaba preparado. El segundo planteó una hipótesis de trabajo; así el primer paso estaba dado.

Hay un tercer caso de azar: ocurrió en el laboratorio de la Universidad de Harvard. Yo estaba estudiando en la preparación neuromuscular el efecto defatigante de la adrenalina. Fue el 23 de abril de 1938. El músculo esquelético, luego de una violenta contracción, entraba en el conocido periodo de fatiga

y, en ese preciso instante, tuve que abandonar repentinamente el laboratorio; por teléfono me anunciaban que mi primer hijo estaba a punto de nacer. Felizmente no interrumpí el experimento. Lo hice inconscientemente y la estimulación siguió grabando la respuesta muscular en el papel ahumado del quimógrafo. Al regresar, cinco o seis horas después, tuve la sorpresa de encontrar en mi laboratorio a casi todos los fisiólogos que trabajaban en el departamento; uno de ellos exclamó, a mi entrada: "Mira qué extraño fenómeno. . ." En un primer momento no fui capaz de leer lo que el gato escribió en el quimógrafo. Miraba un algo tan inaudito que llegué a no verlo.

En aquel tiempo no se dudaba que la fatiga de la transmisión sináptica neuromuscular debida a una prolongada estimulación del nervio motor y a frecuencia relativamente alta, se mantendría mientras la actividad nerviosa no se discontinuara. Fue el niño que postergó su nacimiento lo que permitió saber que, después de una prolongada fatiga, reaparece el proceso de contracción.

Analizaremos un caso distinto a los antes mencionados.

Después de trabajar varios años en sinápsis simples como el ganglio simpático y la preparación neuromuscular de mamíferos, me perseguía la idea de encontrar en algún sistema nervioso central una estructura que pudiese arrojar luz sobre lo que se ha llamado plasticidad neuronal. Pero. . . ¿dónde, cómo, cuándo?

El cuándo y el cómo llegaron milagrosamente. Una fundación de Estados Unidos me pregunta qué haría yo si recibiera una donación de veinte mil dólares. Contesté de inmediato: "Seguiría trabajando y, por supuesto, con mayor facilidad y seguramente produciendo más y mejor." La respuesta fue sencilla y breve: "Ahí los tiene."

Entonces se inició todo un trabajo que ha durado muchos años.

Elegimos un sistema nervioso más simple que el de los mamíferos. Trabajamos en insectos, más específicamente en cucarachas.

Nada sabíamos sobre la neurofisiología de los insectos y mal podíamos iniciar el diálogo con una pregunta que la naturaleza pudiese captar y responder adecuadamente. La solución fue arriesgada: recurrimos a aquel modo de adquirir conocimientos que Horace Walpole, en 1758, llamó *"serendipity"*. Extraño vocablo que quizá no tiene origen latino. Alguien sugirió que designaba el estado mental dónde "serenity" y "stupidity" van de la mano. La verdad es otra. Walpole la ideó mientras leía un cuento de hadas: "Los tres príncipes de Serendipo" (Serendipo era el antiguo nombre de Ceilán). Mientras las altezas reales recorrían los caminos de la isla, hacían continuos descubrimientos, por "accidente y sagacidad", de cosas que ellos antes no habían imaginado pesquisar.

Penetramos los senderos de un bosque que nos era totalmente desconocido, con la esperanza de que algún accidente junto a la sagacidad nos permitiera iniciar nuestro trabajo propuesto.

El primer problema se refería a la posibilidad de mostrar que el insecto es capaz de aprender alguna determinada reacción gracias a un adecuado adiestramiento. En el caso de que ello resultara positivo, nos enfrentaríamos al "cómo" aquello ocurre.

Inesperadamente, leyendo un clásico y básico texto de fisiología de insectos, en una pequeña nota al margen, se hacía referencia a una mera observación de un naturalista alemán: la *Blatta germanica* podía usar una pata media para coger una antena y llevarla a los palpos con el objeto de limpiarla. Debo recordar que normalmente la cucaracha usa una pata anterior para esta función.

Por aquellos tiempos ingresó al laboratorio un joven todavía inexperto. Le pedimos que estimulase la cuerda torácica sobre el primer ganglio torácico y que registrase el 5o. nervio del tercer ganglio del tórax. Frente a un estímulo único, él no encontraba respuesta, sólo la observaba cuando daba un estímulo repetitivo. Pensamos que quizá su falta de experiencia manual podría haber provocado una lesión. Sin embargo, un día me llama y me dice: "Venga a ver esta preparación, a cada estímulo aparece una respuesta." Fue un resultado fortuito: él había elegido equivocadamente una cucaracha cuyas patas anteriores habían sido extirpadas días antes.

Estos datos nos hicieron recordar la sagacidad de las altezas reales de Serendipo y el diálogo pudo iniciarse.

Desprovistos de patas anteriores, los insectos se autoentrenaban durante ocho a diez días hasta llegar a coger la antena con la pata media. Luego vimos que un proceso de facilitación sináptica ocurría a nivel del tercer ganglio torácico, siguiendo un curso temporal muy semejante a la reacción conductual del insecto. Entonces establecimos cierta relación de causa a efecto. Teníamos ya la hipótesis en nuestra mano, la que fue posteriormente confirmada durante varios años de trabajo.

Sus altezas reales tenían razón. Sus métodos, aunque no frecuentemente usados —y bastante arriesgados—, pueden ser efectivos.

* * *

De mis vivencias nos queda por analizar el valor de la intuición en la investigación de las ciencias.

En una ocasión, una percepción íntima e instantánea me llevó de inmediato a plantear un problema experimental.

Fue durante una conferencia de un famoso bioquímico, que estaba de paso por la Universidad de Harvard. Fui perdiendo interés en lo que oía, luego dejé de oír, pero permanecí físicamente sentado en el auditorio.

OPINION

Recuerdo que estaba despierto, o quizás semidormido, entre consciente e inconsciente, atento con algún pensamiento propio que parecía llegar y sentí ser "objeto de mi sujeto". A decir verdad, todo era confuso, sólo a ratos se movían densas nubes y me dejaban ver un algo que se me escapaba. Muchas veces he querido reconstituir la escena en detalle, no he podido. Sin embargo, recientemente, leyendo a Albert Einstein, pienso que en aquella ocasión me "liberé de mi yo" y tuve una intuición.

Fue una pregunta a la naturaleza biológica, fue precisa, llegué a formular una hipótesis sobre un algo que suponía novedoso, pude además imaginar cómo demostrarlo experimentalmente y luego analicé los posibles resultados y sus relaciones con hechos funcionales ya conocidos.

Temprano de mañana, al día siguiente, entrevisté al maestro Cannon; le hice saber el episodio referido y él me dijo: "Verdad, el problema que usted plantea es de interés actual, debiera iniciarlo de inmediato." Pocos meses después el trabajo se publicaba en una revista de prestigio internacional.

Mucho se ha discutido si la intuición juega un papel importante en la investigación científica.

Einstein declara fielmente en su discurso a raíz del sexagésimo aniversario de Max Planck: "La tarea principal del físico es pues abocarse a encontrar, mediante la pura deducción, esas leyes elementales, lo más generales posibles, con que configura su imagen del mundo. No hay camino lógico que lleve a esas leyes fundamentales. Debemos dejarnos conducir por la intuición, que se basa en una sensación de la experiencia." El mismo autor, en otra ocasión, expresa: "El factor realmente válido es la intuición."

Von Helmholtz, el gran físico alemán, señala: "Felices ideas aparecen inesperadamente sin esfuerzo, como una inspiración."

Walter B. Cannon no dudó que la inspiración fue algo que lo favoreció en numerosas ocasiones y afirma que, desde su juventud, gracias a ella recibió una importante ayuda, inesperada e imprevista; él usó el término *"insights"*, que quizá se podría traducir como el acto de aprehender espontáneamente la naturaleza, sin estar consciente.

Los diferentes estados de la actividad onírica favorecen la súbita aparición de nuevas ideas. Kekulé llegó a concebir el anillo de benzol mientras dormía. Cannon cuenta que, con relativa frecuencia, él iniciaba su sueño nocturno con un problema en su mente, y a la mañana siguiente la solución aparecía objetivamente. El matemático Poincaré ha confesado tener brillantes ideas durante el proceso de insomnio. La inspiración del profesor Otto Loewi es bien conocida; él personalmente me relató cómo soñó con el experimento que podría demostrar la transmisión química del impulso nervioso.

Platt y Baker, en un estudio estadístico, concluyeron que 33% de los investigadores declaran que la intuición había sido algo frecuente, 50% sólo ocasional y 17% decían que nunca la habían experimentado.

Beveridge afirma que científicos que nunca tuvieron intuición son aquéllos que no encuentran alegría en las nuevas ideas y los caracteriza como poseedores de una sensibilidad emocional baja. Concluye además que los grandes científicos deben ser considerados como artistas creativos y que es falso pensar que los científicos solamente siguen las leyes de la lógica y las que imponen los experimentos.

Herbert Read expresa en forma hermosa el problema que nos preocupa: "La idea no se ilustra, la ilustración es la idea."

En ciencia, la expresión de Read tiene el mismo valor. Se busca lo que se va encontrando, y no lo que se había imaginado. Se puede interpretar como una intuición que, en forma súbita, aparece en el momen-

to del inicio de un trabajo de creación artística.

Rodin negaba la intuición. Me atrevo a interpretar su pensamiento: es frecuente en nuestras labores científicas que jóvenes recién incorporados al laboratorio expresen cierto desaliento al decir: "a mí no se me ocurren ideas". Quizá el mundo de las ciencias todavía no ha penetrado en la textura intelectual de ellos, necesitan esperar, trabajando como obreros honestos, que ello ocurra y sólo así sus propias ideas irán apareciendo.

La explicación teórica del fenómeno "intuición" se ha intentado en numerosas ocasiones. Henri Poincaré piensa que esta iluminación súbita sería el indicio de un largo trabajo inconsciente anterior, que no es posible ni fecundo cuando no lo precede un periodo de trabajo consciente. Algunos de ellos penetran en la conciencia por su carácter lógico, al decir de unos, o por su atractivo estético, al decir de otros. Rosenblueth no duda que la aparición de belleza en un proceso de investigación científica facilita la búsqueda tanto de lo experimental como de lo teórico.

Según el mandato del código genético, el hombre lleva consigo capacidades potenciales que se van actualizando a medida que el mundo va entrando en lo mero de él. Sin embargo sólo una parte de lo que entra va a la conciencia. De la otra, sólo sabemos que llega al sistema nervioso y suponemos que se alojaría en las habitaciones de la inconsciencia.

Quizá un ejemplo: no se ve todo lo que se mira. Lo que se "mira" es por definición consciente, en cambio lo que se "ve" podría retenerse en estructuras neuronales que no poseerían capacidad evocadora de la memoria, corresponderían a centros relacionados con el subconsciente. Se puede entonces suponer que por algún mecanismo todavía desconocido, el pasado retenido en el ámbito de la subconsciencia pasaría al ámbito de la conciencia y, desde allí, se evocaría aquello que hemos llamado "intuición".

¿Podríamos así acercarnos, Dulcinea?

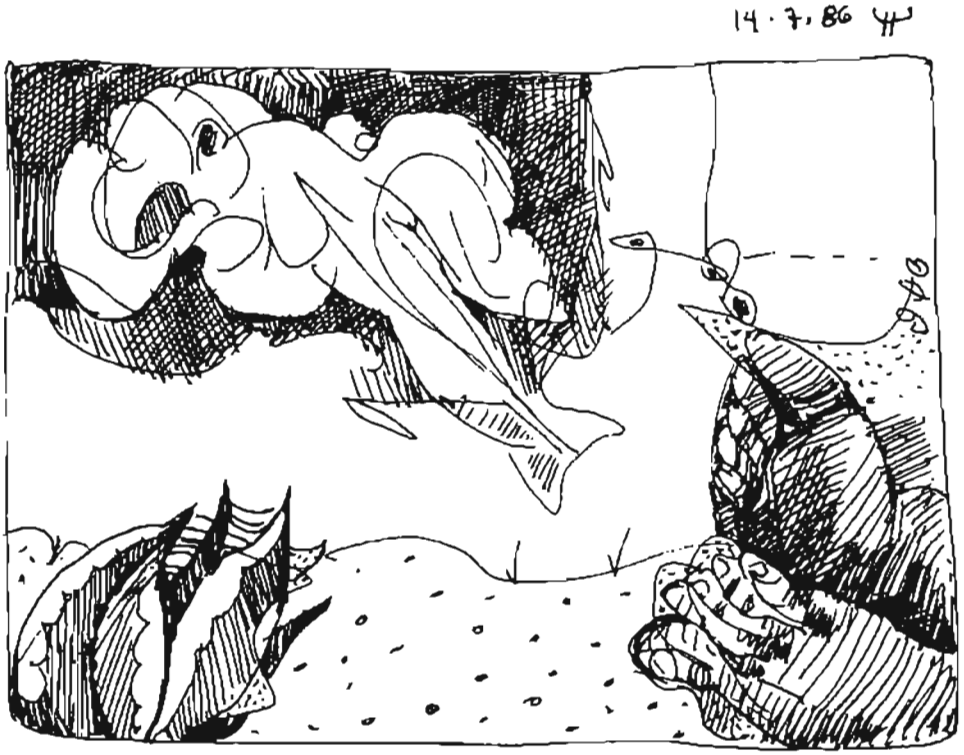
* * *

Mario Vargas Llosa en *La orgía perpetua* escribe: "El punto de partida es la realidad real, la vida en su más ancha acepción (todo lo que puedo ser, lo que oigo, leo, o sueño); pero este material no es nunca narrado exacto, es siempre 'transfigurado', es el elemento añadido." Luego agrega: ". . .la manipulación de lo real no es gratuita: expresa siempre el conflicto que es de origen de la vocación y puede ser poco o nada consciente por parte del escritor".

El investigador científico va quitando velos para penetrar en las intimidades de la naturaleza. Sin embargo, lo inverso sucede en la creatividad literaria. El escritor cubre la realidad con el "elemento añadido" que puede ser "poco o nada consciente". Poco o nada consciente tiene mucho de común con la intuición en ciencia.

Kandinsky, en su obra *De lo espiritual en el arte*, dice: "La obra de arte verdadera nace del 'artista' mediante una creación misteriosa, enigmática y mística. Luego se aparta de él, adquiere una vida autónoma, se convierte en una personalidad, en un sujeto independiente, animado de un soplo espiritual, es el sujeto viviente de una existencia real, un ser."

La creación misteriosa del artista es similar a la intuición en el caso de un científico. Una vez que la intuición se adentra en la conciencia del investigador, se produce la separación entre ambos, desde ese momento el investigador la ve como parte de la naturaleza. Su existencia real y sus características pueden llegar a plasmarse en el proceso de investigación.



LOS PERCEPTORES DE LA DIVULGACION CIENTIFICA

OPINION

Mario Guzmán C.*

Hablar de públicos es un reto, sobre todo por el margen de incertidumbre que existe sobre la recepción de los mensajes que se emiten. Los recursos técnicos para la medición de audiencia que permita regular y hacer los ajustes necesarios a la elaboración de nuestros mensajes son aún bastante imprecisos y, todavía más complejo, resulta obtener datos que nos ayuden a valorar la atención y niveles de captación de aquellos que, sentados frente a su televisor, escuchando la radio o leyendo un periódico mural, se han convertido en el blanco de algún divulgador científico, suponiendo que acertó en el blanco. Así las cosas ¿a quién y cómo hacer llegar la divulgación? ¿a partir de qué diseñar el público que debe recibir nuestros mensajes? y, aún más, ¿ese alguien estará dispuesto a recibir el mensaje que nosotros deseamos mandarle?, ¿quién nos autoriza a decidir qué mensajes emitir?

Muy pocos se encuentran a la espera del mensaje que los divulgadores científicos se traen entre manos. Porque, a decir verdad, no ha llegado el momento y lo digo por los públicos en general y los medios en particular, que la información de carácter científico y técnico sea esperado con el interés de otras notas, sean de la sección política o deportiva. Decía el rey Salomón jerarca del pueblo hebreo —y asumo el riesgo de la referencia bíblica en un artículo que habla de divulgación científica— por el 900 antes de nuestra era: "quien añade ciencia, añade dolor". He aquí el desafío y la condena, añadir conciencia en el

*Revista ELEMENTOS. Av. Reforma No. 913. Pue. Conferencia presentada en el 1er. Encuentro de Divulgadores Científicos, organizado por la Subsecretaría de Educación Tecnológica de la SEP.

elementos núm. 10, año 3, vol. 2. Impreso en México

público destinatario de nuestros mensajes, hacerlo responsable a través del conocimiento, comprometerlo con el devenir de la ciencia y la técnica, con sus avances y consecuencia, en otras palabras, problematizar la existencia de la población.

Para ubicar correctamente al público, afirmación que puede sonar a verdad de "perogrullo", a quien deseamos hacer llegar nuestros mensajes, es necesario saber desde dónde se emiten, con qué objetivo y con qué recursos. El hecho es que estos serán los puntales del ulterior proceso comunicativo que se busque establecer. El método de selección y preparación de la información que ha de divulgarse y, como resultado, la capacidad de la información para atraer la atención. Todo ello colabora en el flujo y reflujo de la influencia comunicativa. En el caso de la divulgación no sólo es necesario organizar la atención hacia el contenido de la información que se ofrece, sino buscar en el individuo la conservación del objeto transmitido. De esta manera se cumplirían los objetivos funcionales del pensamiento del individuo, a consecuencia del perfeccionamiento y optimización del proceso de preparación y transmisión de información.

No obstante, la atención de un auditorio hacia los mensajes originados desde un medio de difusión oscila dentro de marcos más amplios. De tal suerte hay que reunir una serie de datos para aproximarse a una idea del público esperado. Datos que van, de las características del conjunto de individuos que se orientan a recibir determinada información y no otra, al conocimiento de intereses, experiencia y conocimientos. Datos a los que habría que anteponer la idea: un mensaje emitido a través de un medio de difusión sólo puede convertirse en objeto de conocimiento en el caso de que sea comprendido por el público a quien va dirigido. En este sentido el modo de suministrar la información adquiere especial significado en relación con el problema de la atención. La atención se considera la propiedad más general de

la psíquis, como aspecto de los fenómenos y procesos que componen el volumen básico de la actividad del hombre. La atención de este individuo se vincula, sin embargo, directamente a su actividad como persona y a la oferta del medio que lo circunda. De tal forma la existencia de un vínculo informativo con el mundo exterior se convierte en requisito para su actividad vital. Sobre este hombre ejerce una gran influencia la cantidad de información recibida y elaborada. La divulgación debe —entonces— a partir de la obtención de la atención, profundizar con su mensaje en la percepción, la comprensión, la comparación valorativa y la aceptación de la información por parte del receptor. Esto no será logrado si los medios seleccionados para divulgar —sean radio, tv, prensa, etc.— no permiten al receptor que deseamos, asumir su situación de lector, escucha u observador. En otras palabras, se debe crear una situación que propicie físicamente la aparición de la atención hacia un medio en concreto. La selección de un medio con respecto a otro no se determina por la preferencia o efectividad, únicamente. Aquí desempeña un importante papel la orientación de ese

medio, pues a partir de esas directrices se condiciona la atención voluntaria hacia la información. Pero aún cuando el medio fuera seleccionado acertadamente, ya hemos dicho que pocas veces hay un público a la espera de la información científica o técnica, en este caso hay que echar mano de los recursos que nos permitan movilizar su atención.

Para la divulgación científica, como para cualquier otro proceso informativo, si no se obtiene la atención del público hacia los mensajes emitidos, la información queda sin ser recibida, pensada ni recordada. Esto, además del fracaso de la emisión, representa serio desperdicio de recursos y trabajo humano consumidos en la creación y transmisión. Aparece nuevamente la atención como requisito a cumplir para establecer la acción comunicativa, pues es el punto que esclabona en el proceso, al emisor y a su mensaje con el receptor.

Lo que se establece en el campo de la transmisión de informaciones de contenido científico y técnico, es una lucha por la atención del público, en contra del resto de organizaciones de información. La divulgación deberá entonces buscar una *percepción atendida*, que haga las veces de filtro a la enorme oferta de información que existe en el ambiente. El objeto de atención será la información elaborada por divulgadores —a menudo traductores de las ideas de otros— y revestida de adecuadas formas simbólicas compuestas de palabras, sonidos e imágenes. Si la elaboración del mensaje agiliza el contenido, incrementará el índice de atención y, en consecuencia, una mayor velocidad en el análisis y generalización de la información recibida. Si la divulgación que se realiza a través de medios impresos, radio o televisión, no logra que el individuo que recibe la información la adquiera como objeto de significación, la percepción de quienes componen el público no resultará orientada al objetivo de elaborar mentalmente su contenido.

Veamos algunos aspectos del mensaje. De entrada existen serios prejuicios hacia la información cien-

tífica y no es gratuito. En la mayoría de las ocasiones ésta se encuentra mal elaborada e impide el acceso a un público amplio. Por otra parte, definitivamente la divulgación requiere de un nivel adecuado de formación para poder captar el sentido de su mensaje. El compromiso del divulgador será calcular adecuadamente el volumen requerido de información para captar y mantener la atención. Esto es, conocer el límite en la cantidad de elementos integrados al mensaje que permita la efectividad de la acción comunicativa. Hay que iniciar aquí la integración de todos los datos que, con respecto al público, hayan podido ser captados con el fin de diseñar la pertinencia del mensaje y la estrategia de emisión. Aunque existen estudios ya realizados sobre dosificación del mensaje, simultaneidad, repetición, reiteración, etc., usados sobre todo con fines publicitarios, el trabajo en la planificación, desarrollo, creación, elaboración y transmisión de los mensajes de divulgación se continúa haciendo de una manera artesanal y apriorista.

Contando con, más o menos, recursos técnicos de informática no se ha trabajado en el diseño, por ejemplo, de un programa que pueda ser alimentado con la mayoría de los datos mencionados antes, para obtener parámetros generales de los cuales partir para diseñar estrategias de divulgación. No es una tarea fácil, pues al hablar de divulgación hablamos de una heterogeneidad de público. Entre los individuos objeto de nuestros mensajes, seguramente se percibirá diferente cantidad de elementos, porque el nivel de atención entre ellos difiere. Experimentalmente se ha demostrado que existe una relación directa entre el volumen de atención y el interés, el grado de conocimiento que tiene el receptor del objeto que percibe, así como de la situación en que tiene lugar la operación.

Un problema que a menudo se presenta cuando se elaboran mensajes para la divulgación, es la no correspondencia entre los procedimientos para organizar la información, los posibles receptores y las

formas que deben adoptar los mensajes. Se deja de lado el planteamiento básico que afirma: mientras más elementales sean las formas de conducta del público, más simple deberá ser la información que se dirige a él y menor su volumen.

Esto es, facilitar la percepción del material propuesto, mediante la unidad de sentido e integración de recursos. Un método para aproximarse a ello sería: introducir en el contenido de los mensajes signos que ofrezcan determinada cantidad de información "sobrante" para permitir su identificación y, segundo, eliminar algunos signos que por su abundancia puedan equivocar la identificación. De esta manera se permite una *identificación no específica*, con la que el receptor de la información determina sólo las categorías más generales y, una *identificación específica*, que lleva al individuo a particularizar en conceptos, rasgos y señales.

Suponiendo que al aplicar los instrumentos descritos incrementáramos en un buen porcentaje la

efectividad de los mensajes emitidos, con ello no habremos logrado aún crear un público para la ciencia. Apenas habremos iniciado el arduo camino de la persistencia, ya que el volumen de atención por parte del público aumenta sólo con el entrenamiento que tiene lugar a cada hora y diariamente en el proceso de comunicación con su entorno social, así como en la práctica de la recepción regular de información a través de los medios. Sería esto, lograr la atención y mantener el interés a través de la oferta de información, crear en ese público el hábito a la recepción de la información científica y técnica, hábito que se convierta en costumbre, que se convierta en conducta, conducta de los individuos que se traduzca en mayor conciencia de su ser social. Sólo de esta manera estaremos dando pasos en la conformación de una cultura científica de la que adolece nuestro país. Desde este punto de vista, el volumen de atención de nuestro público crecerá a medida que acumula experiencia y coincide con el curso de formación de su personalidad como individuo, pues, en la medida que la información —en este caso científica y técnica— forma parte de su existencia, se convierte en un vínculo con el mundo exterior.

De aquí la atención que debe darse a la divulgación, y en general a la formación de un pensamiento científico en los niños desde temprana edad, pues se sabe de la dependencia existente entre el crecimiento del volumen de atención hacia la información (incluida la de los medios de difusión) y la edad, así como el surgimiento del interés hacia problemáticas determinadas.

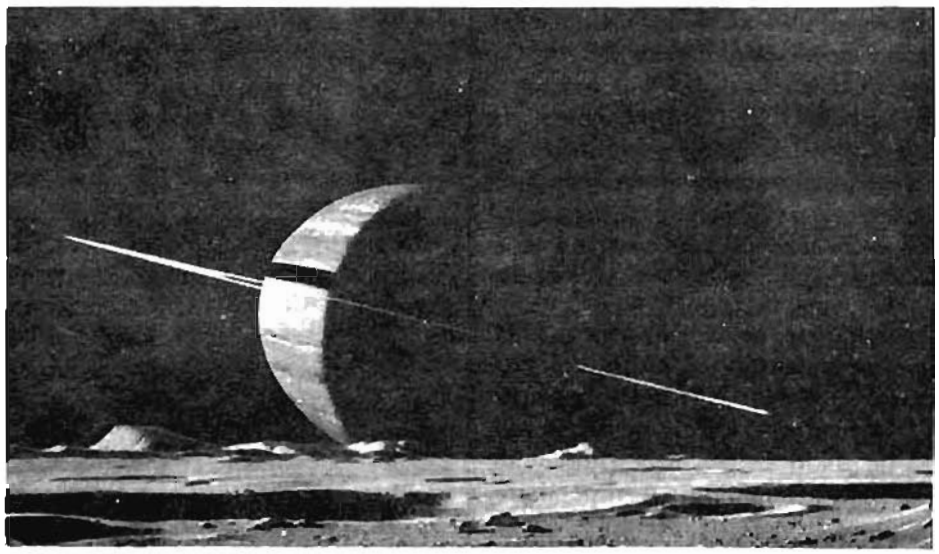
Remato esta idea ponderando, de nueva cuenta, la importancia de la atención en el proceso de la comunicación. Entre quienes manejan algunos medios se ha acuñado la idea de que los medios modernos no deben esperar al público, sino que hay que asaltarlo. Se trata de que, una vez calculado el posible receptor, si por casualidad entra en el canal le sea "asestado" un mensaje que, en principio, es el que andaba buscan-

do. Seguramente que no de manera tan violenta, pero aproximadamente es lo que la estrategia de divulgación, creo yo, dicta frente a saturación tan extrema como la que vivimos. El individuo dirige su atención hacia un objeto de dos maneras, una *involuntaria*, que se presenta cuando no existe conciencia del fin de la actividad, ni esfuerzos de voluntad por incorporar y mantener la atención; y una *voluntaria*, cuando existe un objetivo concientemente planteado y esfuerzos de voluntad para provocar y mantener la atención. La divulgación, en tanto que primordialmente motivadora, debe buscar con sus recursos entrar a la atención involuntaria del individuo, a la vez que debe ser reforzada con otros recursos de mayor permanencia que lo lleven a la atención voluntaria. O sea conjugación de medios y mensajes. La atención involuntaria es producida, sobre todo, por causas externas al hombre y no relacionadas con determinado objeto conscientemente planteado de su actividad. A pesar de ello desempeña un papel de factor de atracción, intensificación y concentración de la atención. En este sentido un mensaje de divulgación con un alto grado de intensidad comunicativa no podrá dejar de ser tomada en cuenta debido al conjunto de elementos que actúan como excitadores. La fugacidad de este tipo de mensajes requiere de otros recursos antes de que desaparezca la atención lograda, y esto no será posible si no se obtuvo antes una atención voluntaria. Si la atención involuntaria es obtenida con la forma, sobre todo, la atención voluntaria será mantenida con la significación de su contenido. ¿Cómo lograrlo? con un incremento gradual en la complejidad de sus contenidos, pues mientras mayor sea el significado subjetivo del mensaje, más elevado será el grado de atención voluntaria prestada a la información y mayor la exigencia de concentración. Habrá que echar mano de recursos como el uso de información de interés utilitario, o de la información sobre problemas de interés general.

NOTICIAS Y NOVEDADES

LA CIENCIA FICCION Y LA FUERZA AEREA NORTEAMERICANA

Sherry Baker*



¿Pueden los escritores de ciencia-ficción predecir el futuro? En algunos casos evidentemente ha sido así: lo prueba el relato de Julio Verne de el viaje a la luna y los detallados dibujos de la "plataforma voladora" realizados por el creador de Dick Tracy, Chester Gould, décadas antes de que el ejército y la armada norteamericanos desarrollaran heliplataformas sorprendentemente similares.

Este tipo de visiones adelantadas no ha escapado al ojo vigilante de los militares de los Estados Unidos. Recientemente la Fuerza Aérea invitó a más de 40 escritores de ciencia-ficción —incluyendo a Gordon Dickson, James Gunn, Frederick Pohl, Larry Niven y Joe W. Haldeman— a reunirse con futuristas profesionales representantes de la Fuerza Aérea durante tres días de trabajo intensivo de intercambio de ideas, cerca de la Base Wright-Patterson de la Fuerza Aérea en Dayton, Ohio. ¿El propósito de esta conferencia futurista? Imaginar qué tipo de tecnología y sociedad tendremos al entrar al siglo XXI.

Joe Haldeman participó en un grupo de discusión que exploró cómo podrían ser libradas las futuras guerras sin lastimar a la gente. "Vimos las maneras de enfocar el potencial tecnológico hacia fines políticos sin la carnicería que acompaña a las guerras. Maneras tales como el sabotaje a la economía de un país, por ejemplo. También hablamos acerca de armas psicológicas que podrían desmoralizar al enemigo antes aun de que las tropas aparezcan en el campo de batalla." Haldeman también relata que los participantes en la conferencia esbozaron cómo una estación orbital puede enviar energía hacia las máquinas de guerra, tales como los jets o los misiles, de manera que podrían permanecer volando y peleando indefinidamente.

Mike Wallace, vocero oficial de la Base Wright-Patterson, enfatizó que los detalles de la reunión Ciencia-Ficción/Fuerza Aérea, es información clasificada: "Algunas ideas pueden ser dadas a conocer —como la discusión de cómo un asteroide puede ser minado y después lanzado hacia una estación espacial. Pero la mayoría de las predicciones no pueden ser hechas públicas. La Fuerza Aérea, sin embargo, está tomando muchas de esas sugerencias seriamente, y podremos financiar estudios de por lo menos cincuenta."

La conferencia futurista también proporcionó ideas a los escritores para sus libros. "Captamos una serie de detalles acerca de la maquinaria que puede ser ciertamente útil," comenta Haldeman. "Vi una demostración de un sistema de control para una aeronave en la cual el piloto tiene una máscara tipo Darth Vader que suministra una representación computarizada de lo que está ocurriendo alrededor de la aeronave. Puede uno estar a cien millas de distancia bajo un sótano y mantener el control del aeroplano, usando esta máscara. Yo había leído acerca de este tipo de cosas, pero realmente verlo en la pantalla de video fue impresionante."

*Tomado de la revista *Omni*, junio de 1986, p. 42. Traducido por Miguel Angel Burgos G.

elementos núm. 10, año 3, vol. 2. Impreso en México

NOTICIAS

INVESTIGACION AGRICOLA Y VINCULACION A LAS COMUNIDADES

Como parte integrante de la Unidad Regional de Teziutlán, que la UAP ha implementado a partir del Programa Universitario de Crecimiento y Desconcentración Institucional, se ha dado origen a la Unidad de Ciencias y Tecnología Agropecuaria. Algunos proyectos que en la actualidad ya se encuentran en proceso, serán implementados en sus etapas futuras en las instalaciones de la Unidad, tal es el caso del estudio denominado "Presencia de macro y micronutrientes en los suelos del Estado de Puebla y su influencia en la producción de maíz y frijol".

Dicho estudio en la actualidad se integra con trabajos experimentales en las zonas de Amatlán, municipio de Zoquiapan; El Mezquital, municipio de Petlalzingo y Xonacatepec, municipio de Puebla.

El origen de la investigación se encuentra en los convenios establecidos por la UAP y la cooperativa agrícola Tozepan Titataniske, integrada por diferentes comunidades agrícolas enclavadas en la zona de la sierra norte de Puebla.

Es en el ejido de Amatlán, donde se establecen las primeras parcelas de experimentación, para conocer el tipo de uso del suelo dedicado a la siembra de productos básicos. Las 400 hectáreas que forman el ejido, y en el cual habitan 40 familias, corresponde a los lomeríos de la parte baja de la sierra, conocido como Declive del Golfo.

Por su ubicación, esta zona recibe las influencias del clima de la región, esto es subtropical, con lluvias constantes a lo largo del año y aumento de precipitación durante los meses de mayo a septiembre. De aquí que se encuentre una gran predominancia de suelos que, originalmente, perteneciera a selva con flora de no gran altura y rápido ciclo de cambio, y una menor presencia de suelos "forestales", que tiene repercusiones en el nivel de productividad de la tierra y, en consecuencia sobre las condiciones económicas de la comunidad.

El problema estriba en la menor existencia de tierras en donde la materia orgánica depositada sufrió un proceso largo de descomposición y creó un reservorio de energía potencialmente fértil y rico, adecuado para la agricultura; a diferencia de amplias extensiones en donde la selva baja dió origen a suelos infértiles, debido a rápidos procesos de descomposición orgánica y presencia de plantas en pie. Así el área agrícola del ejido tiene en sus partes altas, tierras con un espesor no mayor a los 40 centímetros de tierra antes de encontrar roca, y en sus partes bajas, pequeñas extensiones de tierra forestal con una capa que puede alcanzar los 3 metros de profundidad.

Al inicio de los trabajos de investigación, las tierras presentaban aproximadamente 10 años de haber sido desmontadas con el recurso de

NOTICIAS

"quema", con el fin de hacerlas cultivables. Se observó predominancia de tierras pobres, no aplicación de fertilizantes y una técnica tradicional para la siembra. Uno de los primeros aspectos que merecían la atención fue la técnica tradicional del sembrado conocido como "coa", nombre de la vara usada para perforar la tierra en donde se deposita la semilla. La experiencia popular demostró que era el mejor método ya que de esta manera no se reblandece la delgada capa de tierra ni se permite su arrastre por las constantes lluvias del lugar. La zona experimental se ubicó entonces en una extensión de media hectárea, en la cual se trabajaron 14 parcelas con diferentes dosis de fertilización y una parcela "testigo" que fue trabajada en las mismas condiciones que el resto del ejido. En todas las áreas de experimentación se aplicaron semillas de maíz de la Variedad-525, del Híbrido-503 y del "criollo" o de la región. Por otra parte se aplicaron algunas variables en el método de "no labranza" sin alterar el método tradicional de producción, se calcularon los ciclos agrícolas y se consideró concentración de zonas más apropiadas para la explotación de cultivos básicos, que permitiera una mayor producción a menor costo y, en consecuencia, con mayor ganancia.

Se demostró que la semilla de maíz del tipo Híbrido-503, se adapta perferectamente al ecosistema del lugar, con lo que se obtiene un mejor rendimiento, comparado con la semilla "criolla". Dicha variedad de maíz dio como resultado una planta más pequeña, pero con más cantidad de mazorcas y de mayor tamaño. El grano del maíz es más grande que el común, la cutícula de la semilla es más gruesa con la ventaja de que le permite asimilar mejor los nutrientes como el potasio y la protege mejor de insectos. Para dar una idea comparativa del rendimiento en los niveles óptimos de la zona experimental, en el ciclo primavera-verano del año de 1981, las precipitaciones se presentaron muy por abajo del nivel esperado, —aunque la producción fue baja— se obtuvieron 752 kg. por hectárea, no obstante las parcelas del ejido, en sus mejores cosechas, sólo recogieron 400 kg. por hectárea.

Se puede afirmar que el trabajo experimental fue un éxito, es decir, en términos del trabajo de investigación. Sin embargo el carácter aplicativo del trabajo fracasó, y no por fallas en el estudio, sino por los

factores culturales de la comunidad y por las condiciones económicas externas al grupo. Si bien se obtuvo un tipo de maíz más nutritivo y en mayor cantidad, también es cierto que el grano es más duro, amarillo y grande que el que comúnmente se consume por la población. De tal suerte cuando el producto de la zona experimental fue entregado a la cooperativa de la escuela para su venta y obtención de fondos, el maíz nunca fue consumido y tuvo que usarse como alimento para cerdos. Por otro lado, se pensó continuar con el trabajo, mejorar el producto de acuerdo a las condiciones culturales y aplicar los resultados positivos a todo el ejido, no obstante se requeriría de un crédito amplio que ningún banco otorgaría. Se pensó entonces en acogerse al plan de "riesgo compartido", implementado por CONACYT en el cual participaría la UAP, el ejido y dicha institución, pero además de las dificultades burocráticas que ello entraña, se ha tornado más complicado hacer entender a los ejidatarios la necesidad de adoptar el riesgo de restituir lo prestado en caso de pérdidas.

Así y todo, la universidad ha considerado que se pueden obtener buenos resultados de este trabajo de investigación si se trabaja durante periodos largos en contacto con las comunidades, lapso durante el cual se podría atender la posibilidad de habituar, a las nuevas generaciones del lugar, en el consumo de productor mejorados que permitan dar un paso a favor de la economía de autoconsumo.

NOTICIAS

IV ASAMBLEA DE LA ANIEI

La IV Asamblea Ordinaria de la Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Informática (ANIEI) fue celebrada del 9 al 11 de octubre pasado en la ciudad de Toluca, Edo. de México, contando con la asistencia de más de 60 profesionales de la computación provenientes de 24 instituciones de estudios superiores y de investigación del país. La UAP, miembro institucional de la ANIEI, participó con delegados en todas las mesas de trabajo. Los temas de discusión se centraron en esta ocasión en la definición de los perfiles y la *currícula* de las cuatro carreras relacionadas con la informática: licenciatura en Informática, ingeniería en Computación, licenciatura en Sistemas, e ingeniería en Comunicaciones y Sistemas Digitales. También se realizaron las elecciones para el cambio de Mesa Directiva de la ANIEI.

SE CONSTRUYEN LOS LABORATORIOS DE FISICA

En el marco de la Exposición de Trabajos de la Escuela de Ciencias Físico Matemáticas (ECFM) de la UAP, que incluyó más de 40 artículos realizados por el profesorado de la ECFM y publicados en revistas nacionales e internacionales en los últimos dos años además de los trabajos del Colegio de Electrónica, el señor rector, Lic. Alfonso Vélez Pliego, colocó la primera piedra de lo que serán los Laboratorios de Física de la ECFM. Al evento, organizado por la coordinación de la ECFM y realizado el 11 de noviembre pasado, asistieron funcionarios del CAPFCE (organismo encargado de la construcción de la obra), así como los coordinadores invitados de las escuelas de Ingeniería Civil y de Ciencias Químicas.

La construcción de los Laboratorios de Física así como su equipamiento que está a cargo del CAPFCE, responderán a las necesidades de la práctica docente y de investigación de la Escuela de Físico Matemáticas.

El edificio constará de tres plantas con nueve laboratorios para las prácticas docentes y tres para la investigación; ocho de los laboratorios dedicados a la docencia serán de uso múltiple, para prácticas de: mecánica, electricidad y magnetismo, ondas, fluidos y calor y el restante para óptica. Los destinados para investigación serán dedicados a termodinámica y óptica.

Además de los laboratorios, la construcción contará con área administrativa, servicios, taller de óptica, un área para computadoras y dos más para almacén, ubicadas en el segundo y en el tercer nivel.

Dado que los laboratorios para docencia son de uso múltiple, los alumnos podrán guardar el material utilizado en el almacén destinado para ello. El diseño del edificio permitirá que en un espacio libre comprendido entre el techo del último nivel y el piso del primero se coloque un péndulo para representar el movimiento de rotación de la Tierra.

I ENCUENTRO ESTATAL SOBRE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA DE LA FISICA

Con más de 150 participantes entre estudiantes y profesionales de la física, se realizó el Primer Encuentro Estatal de Investigación y Enseñanza de la Física, del 12 al 14 de noviembre pasado. El evento fue organizado por el Colegio de Física con el patrocinio de la Escuela de Ciencias Físico Matemáticas y contó con la participación del INAOE, los Departamentos de Física del Estado Sólido, Semiconductores, Microelectrónica y Geofísica del ICUAP, las escuelas de Ciencias Químicas e Ingeniería Química y algunas preparatorias de la UAP. La variedad de temas abordados fue amplia, abarcando desde las trasmisiones cuánticas en