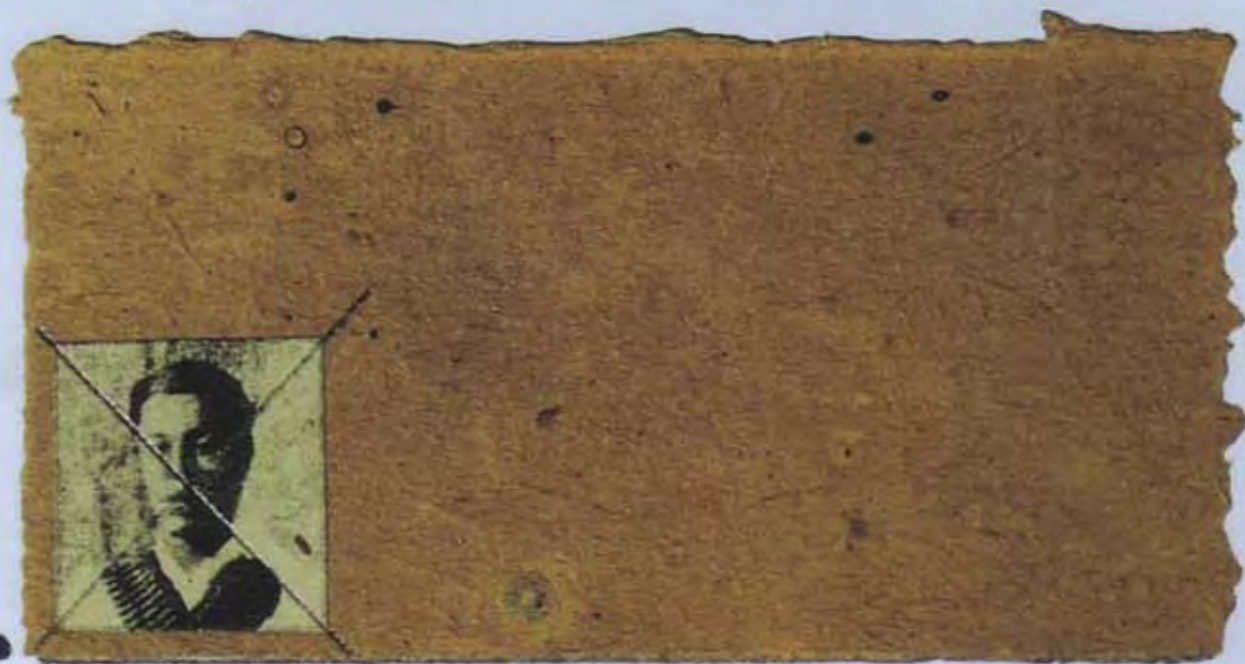


A

Ciencia y Cultura

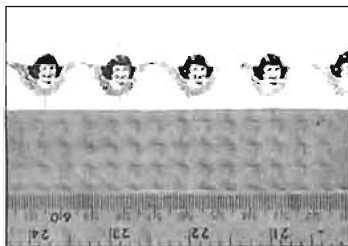
elementos

123456789



0.

S·U·M·A·R·I·O



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE PUEBLA

Rector
José Doger Corte

Secretario General
Rubén de la Fuente Vélez

*Vicerrector de Investigación y
Estudios de Postgrado*
Enrique Doger Guerrero

ELEMENTOS

Revista trimestral
de Ciencia y Cultura
No. 25, Vol 4, 1997.

Director
Enrique Soto Eguibar

Subdirector
Marcelo Gauchat

Consejo Editorial
Beatriz Eugenia Baca
Ma. de la Paz Elizalde González
Enrique González Vergara
Francisco Pellicer Graham
Leticia Quintero Cortés
José Emilio Salceda Ruanova
Raúl Serrano Lizaola
Cristóbal Tabares Muñoz
Gerardo Torres del Castillo

Diseño
Marcelo Gauchat
José Emilio Salceda Ruanova

Corrección
Silvia Kiczkovsky

Portada e interiores
Luz María Genis

Redacción: 14 Sur 6301, C.U.
Puebla, Pue., C.P. 72570
email: esoto@siu.cen.huap.mx

Certificados de licitud de título
y contenido 8148 y 5770.

3

LA FORMA Y LA FÍSICA
Fang Lizhi

9

DEL CAOS
Marcelo Gauchat

13

LA BIOSEMIÓTICA:
UN PARADIGMA DE LA BIOLOGÍA
J. Eder y H. Rembold

25

ALREDEDOR DE UNA VIEJA POLÉMICA:
ALGUNOS COMENTARIOS EN TORNO
AL MATLAZAHUATL
Miguel Ángel Cuenya Mateos

31

OZONO: ¿QUÉ, PARA QUÉ Y POR QUÉ?
Apolonio Juárez Núñez

39

COUTURAT: DIVULGAR A UN DIVULGADOR
Marcos Winocur

47

LA EXALTACIÓN Y LA QUIEBRA
Raúl Dorra

51

CUANDO UN LÍQUIDO SE CONVIERTE
EN VAPOR
Gerardo Torres del Castillo

55

LA CIENCIA HOY

55

Proteína inhibidora de la
síntesis de óxido nítrico

56

Los microbios en la
profundidad de la tierra

Analogía entre los sistemas
inmunológicos de las plantas
y los animales

57

Posible origen genético de
la enfermedad de Parkinson

Adaptación a la obscuridad en
los ojos de los vertebrados

58

Avances en el entendimiento
de la adicción a la morfina

La función de la amígdala en el
procesamiento de la expresión
emocional

59

LIBROS

59

Los volcanes sagrados

61

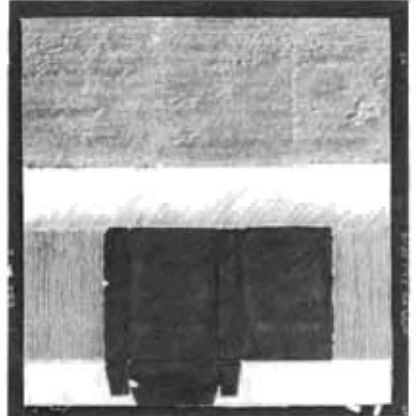
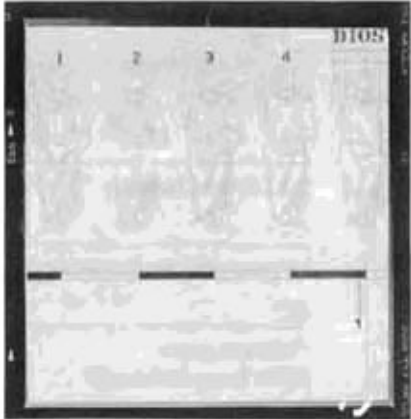
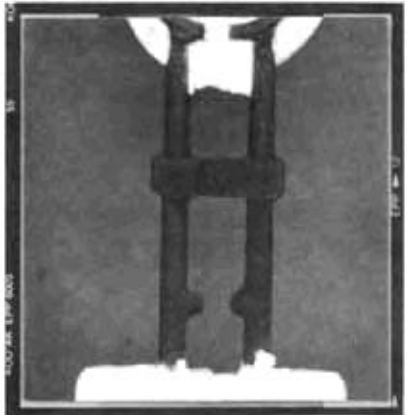
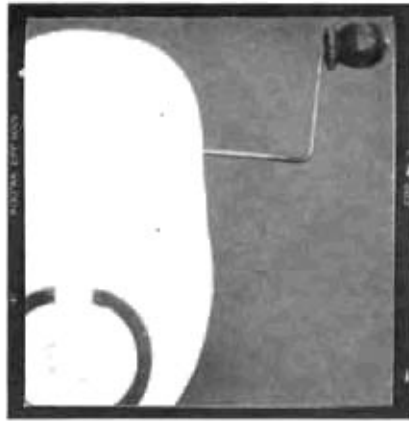
La búsqueda científica del alma

62

Fisiología celular
(Un enfoque biofísico)

63

Neurofarmacología de
la conducta



La forma y la física

Fang Lizhi

Traducción de Mirta Rosenberg

La belleza no es del dominio exclusivo de la literatura, el arte y la religión. En realidad, el primer grupo de estetas que se estableció entre los filósofos de la antigua Grecia fue la Escuela Pitagórica, compuesta de matemáticos, astrónomos y físicos. “Belleza” es todavía una palabra común dentro del vocabulario de la física. Cuando se presenta un trabajo en un congreso o cuando se evalúa un resultado científico publicado, escuchamos con frecuencia expresiones tales como “una *bella* teoría” o “un modelo mucho más *elegante* que el anterior”. Aunque resulta difícil catalogar o formalizar este sentido estético dentro del dominio de la ciencia, es no obstante evidente para casi cualquiera que se haya abocado al estudio de la física.

El físico austriaco Ludwig Boltzmann (1844-1906) reaccionó de la siguiente manera ante el trabajo de James Clerk Maxwell (1831-79), el primer profesor de física experimental de la universidad de Cambridge:

Un músico, al escuchar los primeros compases de una obra musical puede distinguir si es de Mozart, Beethoven o Schubert. De la misma manera un matemático, al leer las primeras páginas de una demostración, puede decir si el trabajo es de Cauchy, Gauss, Jacobi o Helmholtz. Un alto grado de elegancia externa, a veces con un debilísimo esqueleto de conclusiones, caracteriza a los franceses, en tanto los ingleses, especialmente Maxwell, se caracterizan por una gran fuerza dramática. ¿Quién no conoce la teoría dinámica de los gases de Maxwell? Primero, se desarrollan majestuosamente las variaciones de velocidades. Después, de un lado hacen su entrada las ecuaciones de estado, por el otro entran las ecuaciones del movimiento central, y el caos de fórmulas asciende cada vez más. De repente resuenan las cuatro palabras: “Poner $n=5$. El malévolo demonio V (velocidad) desaparece, tal como en una obra musical se silencia una figuración perturbadora y enlo-

quecida y constante de los bajos. Como por arte de magia, todo lo que antes habla parecido incontables es puesto en orden. No hay tiempo para decir por qué se ha hecho esta o aquella sustitución; que cualquiera que no la sienta abandone el libro. Maxwell no es un productor de programas de música; no necesita proporcionar notas explicativas. Las fórmulas aparecen libremente, resultado tras resultado, hasta que, en un último efecto sorprendente, se obtiene el equilibrio térmico de un gas pesado, y cae el telón.

Bertrand Russell describió la matemática de esta manera:

La matemática, correctamente considerada, no sólo posee verdad sino también una belleza suprema, una belleza fría y austera, como la de la escultura, sin seducción para las partes más débiles de nuestra naturaleza, sin las gloriosas trampas de la pintura o la música, aunque sublime y pura, y capaz de una severa perfección, como la que solamente el arte más grande puede manifestar. El verdadero espíritu de deleite, la exaltación, la sensación de ser más que humano, que es la piedra de toque de la más elevada excelencia, sólo puede encontrarse en la matemática con tanta seguridad como en la poesía.

Hay dos aspectos muy contrastantes en el estudio de esas ciencias naturales que incluyen a la astronomía y la física. Por una parte, la ciencia es la base de todo avance tecnológico, y tiene entonces enorme valor práctico para la sociedad, ya que el progreso tecnológico facilita extraordinariamente la fabricación de bienes y productos. Por otra parte, la *motivación* de la investigación científica está completamente divorciada del logro del progreso tecnológico en sí mismo. Este último está inevitablemente ligado a la aplicación práctica, en tanto la investigación se parece más bien a un emprendi-

miento artístico: surge a partir de la búsqueda y la creación de belleza.

Copérnico afirma claramente el principio de su obra esencial, *De revolutionibus orbium coelestium* (*Sobre la revolución de los cuerpos celestes*):

Entre los diversos propósitos literarios y artísticos que vigorizan las mentes de los hombres, el mayor efecto y el máximo celo, según creo, deben promover los estudios referidos a los objetos más bellos, y que más merecen ser conocidos.

El matemático y físico francés Henri Poincaré es muy respetado en el mundo científico, a pesar de que Lenin lo calificara en una oportunidad de “gran científico pero un filósofo olvidable”. El comentario de Poincaré sobre la motivación de la investigación científica se ha convertido en una definición clásica del tema:

El científico no estudia la naturaleza porque es útil: la estudia porque se deleita en ella, y se deleita en su estudio porque es bella. Si la naturaleza no fuera bella, no valdría la pena conocerla, y si no valiera la pena conocerla, no valdría la pena vivir la vida. La belleza intelectual es suficiente en sí misma, y es en su nombre, más que por el futuro bien de la humanidad, que el científico se dedica a tareas prolongadas y dificultosas.

Por supuesto, el valor de la ciencia estriba en su acuerdo con la verdad, es decir en su capacidad de explicar los fenómenos ya conocidos y de predecir acontecimientos futuros. La ciencia debe estar siempre en condiciones de resistir las observaciones y las comprobaciones empíricas. Obviamente, este parámetro no puede ser igualado a la búsqueda de la belleza *per se*, así que, ¿qué significa decir que “la búsqueda de la belleza” puede, al menos en parte, sustituir a la “búsqueda de la verdad”? Algunos famosos ejemplos de la historia de la ciencia plantean esta pregunta. Todos ellos parecen esclarecer un punto: el universo, o la naturaleza, tiene la propiedad de que todas las verdades son necesariamente bellas. Tal vez esta afirmación no pueda considerarse una verdad científica, pero al menos podemos afirmar, como una heurística efectiva y practicable que: “La búsqueda de la belleza conducirá inevitablemente al descubrimiento de la verdad”. A lo largo de la historia, esta heurística ha logrado éxitos, algunos de ellos espectaculares.

Un ejemplo de la manera en que los conceptos culturales de la belleza pueden ejercer influencia formativa sobre el progreso científico se encuentra en la historia de la teoría de la redondez de la Tierra. Las definiciones de una Tierra esférica se nos presentan por primera vez en los escritos de los griegos antiguos y nos topamos con ellas a menudo en diversos textos clásicos. Este concepto de la Tierra fue adoptado más tarde por la astronomía occidental. Como contraste, el concepto de esfericidad de la Tierra no fue nunca formulado claramente en la antigua China, aunque algunos comentarios hallados en ciertos escritos antiguos tal vez puedan ser interpretados como una alusión a esa teoría. Los modelos tridimensionales como los encontrados en el Templo del Cielo de Beijing, que pintan los cielos como una esfera y la Tierra como un cuadrado plano, son representativos de la visión ortodoxa china.

La razón de esta diferencia entre la astronomía china y la occidental puede atribuirse a diferentes conceptos culturales de belleza, más que a diferencias en la observación de los fenómenos. Hace dos mil años, ni los chinos ni los griegos disponían de algo que pudiera considerarse evidencias empíricas directas sobre las cuales fundamentar la conjetura de una Tierra esférica. (Sólo más tarde, cuando Colón descubrió América, y Magallanes dio la vuelta al globo, hubo una indisputable prueba de esa idea). Ambos pueblos tenían tan sólo una pequeña cantidad de observaciones astronómicas sobre las cuales fundamentar sus hipótesis acerca de la forma de la Tierra; sin embargo al verse confrontados con el mismo fenómeno, los griegos y los chinos llegaron a conclusiones muy diferentes. En ambos casos observaron que al mediodía el Sol está más bajo en el cielo en el norte que en el sur. Para los griegos, el modelo de una Tierra redonda era satisfactorio y plausible, porque ya habían absorbido completamente las nociones pitagóricas sobre la armonía del universo y porque les resultaba evidente que los círculos y las esferas eran las formas más perfectas de la naturaleza. Fueron aún más allá y emplearon la diferencia de altura del Sol en el sur y en el norte para calcular estimativamente el radio de la Tierra, produciendo resultados muy próximos a las mediciones modernas.

Como contraste, los astrónomos chinos, aunque

advirtieron que esta discrepancia del ángulo del Sol indicaba que la Tierra no era perfectamente plana, produjeron un modelo de compromiso. Su hipótesis era que las ciudades en las que habitaban sin duda descansaban sobre una superficie ligeramente curva pero que la Tierra en general era de todos modos plana. Según el modelo chino, la Tierra era una tajada de semi-esfera que flotaba en un océano plano. Por lo tanto, aunque las mediciones chinas de la diferencia existente entre los ángulos del Sol en el norte y en el sur no eran menos precisas que las de los griegos, los chinos nunca las utilizaron para calcular el radio de la Tierra, ya que nunca consideraron a la Tierra como una esfera.

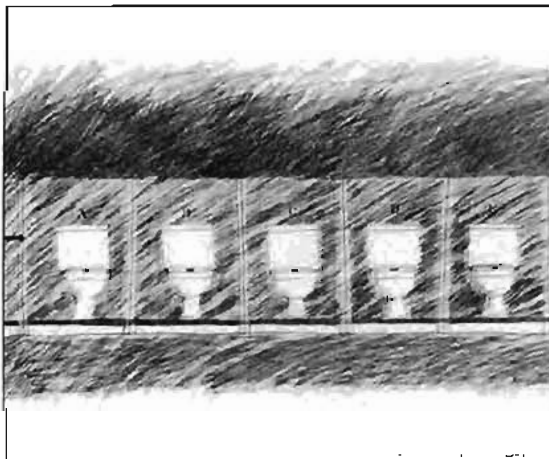
Es claro que la creatividad del pensamiento científico depende mucho de la propia imagen del mundo, y la imagen del mundo está condicionada por la propia tradición cultural. Precisamente en este sentido los conceptos culturales de la belleza pueden ejercer una influencia formativa sobre el progreso científico. El físico austríaco Ernst Mach escribió:

Al estudiar la naturaleza, no podemos evitar aplicar nuestro conocimiento de las interrelaciones que existen entre los diversos fenómenos objeto de nuestra investigación. Aquello que imaginamos como causas subyacentes de los fenómenos observados está limitado por nuestra comprensión del mundo. El hecho de que los fenómenos observados suelen parecer arbitrarios hace que nuestra percepción sea particularmente susceptible a las extravagancias de nuestra tradición cultural.

La teoría de la redondez de la Tierra es el primer triunfo famoso de la visión del mundo, culturalmente influida, que percibe al universo como fundamentalmente bello y armonioso. Un enfoque antiguo y popular de la epistemología es que el curso del conocimiento humano sigue casi siempre la secuencia “experiencia” → “comprensión” → “más experiencia” → “mayor comprensión”. En toda la literatura que obedece a este modelo epistemológico, el desarrollo de la teoría de un sistema solar heliocéntrico ha sido siempre atribuido al hecho de que el modelo anterior, centrado en la Tierra, tenía dificultades para explicar y predecir los movimientos observados de los cuerpos celestes, y así fue como llegó a desarrollarse la teoría helio-

céntrica. Esta aseveración, no obstante, no es históricamente correcta.

Lo que instó a Copérnico a desarrollar el modelo heliocéntrico no tuvo nada que ver con ninguna supuesta superioridad del modelo centrado en el Sol para explicar los movimientos de los cuerpos celestes. En realidad, todas las observaciones explicadas y predichas por el modelo heliocéntrico podían adscribirse también al modelo geocéntrico. Y siempre que el modelo geocéntrico presentaba dificultades, también las presentaba el modelo heliocéntrico. Además, las predicciones originadas por la teoría heliocéntrica de Copérnico *no eran* tan precisas como las de la teoría geocéntrica de Ptolomeo. En ningún punto del proceso que llevó a Copérnico a la enunciación de su teoría hay grandes evidencias del modelo epistemológico de “más experiencia” → “mayor comprensión”. Por cierto, si aplicamos al problema las premisas de la mecánica celeste, el modelo heliocéntrico resulta muy superior al modelo geocéntrico. Sin embargo, la mecánica celeste sólo se desarrolló unos cien años después de la muerte de Copérnico, y no desempeñó ningún papel en su formulación de la teoría: lo que instó a Copérnico a imaginar un sistema heliocéntrico fue, simplemente, su belleza. Lo que resultaba más atractivo en el nuevo modelo de Copérnico, y lo que lo hacía superior al modelo geocéntrico, era su simplicidad, su consistencia y su armonía. En la teoría geocéntrica de Ptolomeo, los movimientos de los cuerpos celestes sólo podían explicarse recurriendo a un complejo sistema de ciclos y epiciclos. En la teoría heliocéntrica, se descartaba completamente la noción de los epiciclos, y la órbita de cada una de las lunas y planetas era conside-



rada un círculo perfecto. En *De revolutionibus orbium coelestium* Copérnico afirma que lo que lo llevó a formular su teoría no fue la necesidad de lograr mayor exactitud en sus cálculos sino más bien el deseo de desarrollar un modelo del universo “de forma perfecta” y que poseyera “una maravillosa simetría”.

Johannes Kepler, el astrónomo alemán que se consideraba un pitagórico, observó en su obra *Harmonices Mundi*:

Los movimientos de los cuerpos celestes son como una gran canción, una canción continua, con muchas voces. Es una canción que debe apreciarse con el intelecto y la razón, y que no puede experimentarse directamente por medio del sentido del oído. Esta música, en cada modulación y cadencia, y según el funcionamiento preordenado de un contrapunto fijo de seis voces, parece medir y delinear el paso del tiempo.

Debemos acentuar que la descripción de Kepler del movimiento de los planetas como una especie de canción no es una extravagante metáfora literaria sino una parte intrínseca de su metodología de investigación. En muchos de sus trabajos de astronomía Kepler emplea verdaderamente una nota-

ción musical, usando el lenguaje de la música en vez de las palabras para explicar sus ideas. Con frecuencia describía las velocidades y los movimientos orbitales de cada planeta en términos de intervalos y medidas musicales, y muchos de los nombres dados a sus diversas leyes de movimiento proceden de los diagramas musicales que empleaba. En el contexto de la investigación kepleriana, la belleza no es simplemente un hilo que corre paralelo a la música y a la astronomía: es un puente que conecta ambas disciplinas.

La física del siglo xx también emplea este “puente estético”. A fines de la década de los veinte, poco después del nacimiento de la mecánica cuántica, un joven físico inglés, P.A. M. Dirac, formuló una ecuación que describía el movimiento del electrón. Una de las conclusiones más importantes de su elegante ecuación fue que debe existir en la naturaleza una simetría perfecta entre las cargas positivas y negativas. Esto significaba que como existía un electrón que tenía una carga negativa, forzosamente debía existir una partícula de carga positiva correspondiente y, más aún que las masas de ambas partículas debían ser idénticas. Sin embargo, aunque en la época de Dirac ya había amplias evidencias de que la cantidad de cargas positivas y negativas en la naturaleza eran iguales, las diversas partículas de carga positiva y negativa no parecían satisfacer la condición de simetría de la ecuación de Dirac. Existía una enorme diferencia entre la masa de los electrones de carga negativa y los protones de carga positiva. Por esta razón, al principio algunos físicos no aceptaron la ecuación de Dirac, pero el mismo Dirac y otros sentían que era demasiado bella como para descartarla. Varios años más tarde se descubrió una nueva partícula, el positrón, y las características de esta partícula se adaptaban perfectamente a las predicciones de la ecuación de Dirac, en otra reivindicación de la fe en la belleza de las leyes de la naturaleza. Los acontecimientos que rodearon la predicción y el subsecuente descubrimiento del positrón instaron a Dirac a recordar:

Creo que esta historia tiene una moraleja: que es más importante que haya belleza en nuestras ecuaciones en vez de hacer que se adapten a la experimentación. Parece que si se trabaja tratando de infundir belleza



en las ecuaciones, y se tiene verdaderamente una idea sólida, seguramente habrá progreso. Si no hay un acuerdo completo entre los resultados del propio trabajo y la experimentación, no debemos desalentarnos, porque la discrepancia puede ser producto de no haber tomado adecuadamente en cuenta ciertos aspectos menores, algo que se aclarará en cuanto la teoría tenga un desarrollo ulterior.

Es decir que el acuerdo con la observación experimental no es el único parámetro para juzgar la validez de un resultado científico. Por eso las publicaciones especializadas en física no vacilan en publicar resultados que no están de acuerdo con las evidencias experimentales predominantes.

En 1954, C.N. Yang y su asociado Robert Mills escribieron un trabajo sobre la simetría dimensional que contenía resultados completamente en desacuerdo con las evidencias experimentales. Según esta teoría, debía existir una partícula con una masa de reposo cero, pero todas las evidencias experimentales excluían esa posibilidad. A pesar de ello, la teoría fue publicada y bien recibida por la comunidad de la física. La simetría de la teoría Yang-Mills, conocida como "la teoría de medición de campos", era simplemente demasiado atractiva para ignorarla. Se convirtió en un campo de gran interés en la década de los sesenta, y durante los últimos veinte años, durante el desarrollo de la investigación de las leyes de la mecánica, ninguna faceta de la física ha dejado de ser tocada por la teoría de medición de campos. Una vez más, el criterio de la "belleza", sorteó el estrecho rango del "experimentalismo", la noción de que la experimentación es lo más importante. El profesor Yang ha hablado acerca de otro resultado que se desprende de la teoría de medición de campos, la existencia de "monopolos magnéticos". La existencia de los monopolos magnéticos todavía está en duda, sin embargo, porque ningún investigador ha podido hasta el momento observarlos en la naturaleza. La respuesta de Yang a estas dudas ha sido sostener que su predicción es tan satisfactoriamente bella que es imposible imaginar que la naturaleza carezca de monopolos magnéticos.

Una de las tareas de la física moderna es lograr una TDT, una "Teoría del Todo", es decir, una teoría unificada de las leyes de la mecánica. El mundo de la física confía en que eventualmente se logrará

desarrollar esa teoría, ya que la historia de la física es una serie ininterrumpida de éxitos en cuanto a descubrir teorías unificadas cada vez mayores. Sin embargo, en la formulación de una TDT no pueden llevarse a cabo experimentos de laboratorio de manera directa. Las consideraciones estéticas han reemplazado necesariamente a los parámetros y principios empíricos en la evaluación de las investigaciones TDT. Actualmente, el grupo de investigación más optimista es el abocado a una teoría de "supercuerdas", un dominio que ha atraído a los más talentosos físicos moleculares y astrofísicos de la nueva generación. La convicción fundamental de estos físicos es que una teoría acorde con las condiciones siguientes posiblemente sea única y que, basándonos en esas condiciones, se podría dilucidar el origen del universo. Estas condiciones son 1) la mayor armonía: la teoría debe permitir que el universo manifieste la mayor y más ideal simetría; 2) la mayor completitud: debe ofrecer una definición completa de todas las fuerzas del universo que interactúan entre sí; 3) la mayor consistencia posible: debe ser una teoría en la que el universo manifieste un alto grado de unidad interna y regularidad, con todas sus partes actuando de acuerdo entre sí.

Casi podría decirse que la teoría de las supercuerdas se adhiere, en el sentido más clásico, al principio estético de Pitágoras:

Armonía + Complejidad + Consistencia = Verdad.

No deseo dar la impresión de que la belleza en física sólo debe igualarse con la simetría. Por el contrario, la física suele investigar fenómenos altamente caóticos y arbitrarios, así como otros que muestran un alto grado de simetría. Puede decirse que el físico antiguo prefería explicaciones basadas en los principios de regularidad, proporción y equilibrio, y que el físico moderno parece igualmente atraído por el desorden, el caos y el desequilibrio. El trabajo de Einstein en 1905, sobre la relatividad, revelaba profundas simetrías del tiempo y el espacio, lo relativo y lo absoluto. Sin embargo el mismo año presentó otro trabajo sobre el movimiento browniano, presentando una teoría extremadamente refinada sobre uno de los procesos más azarosos de la naturaleza. En el siglo XIX el matemático Charles Hermite observó: "Las cosas que no son elegantes no tienen lugar dentro de la ciencia rigurosa: son simplemente escoria". Como contraste, el

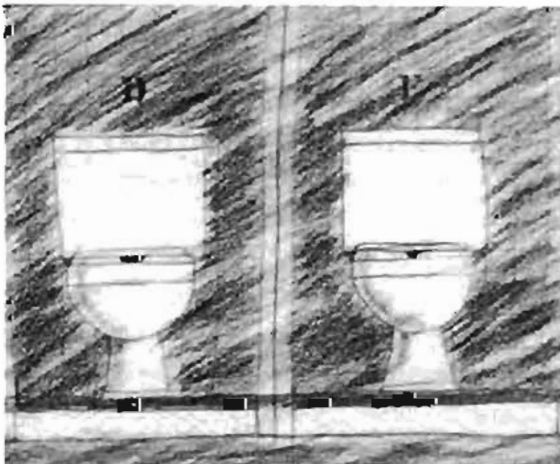
físico moderno John A. Wheeler comentó: “Es posible pensar que quien el día de mañana no esté familiarizado con los fractales sea considerado un ignorante en ciencia”. En este caso, los fractales se asocian con lo poco elegante. ¿Es posible hallar alguna belleza en el desorden, el caos y el desequilibrio? Según palabras de Hermann Weyl: “La asimetría casi nunca se debe a una completa ausencia de simetría”. Es interesante que en las artes suela señalarse que la simetría perfecta no es habitualmente el estado de cosas más deseable o más bello. Más bien, lo que resulta satisfactorio es alguna combinación de simetría y desorden. Y tal vez hasta podría decirse que la física moderna ya ha empezado a descubrir pruebas de esta “fórmula” estética.

Como podría esperarse, la física moderna está ahora dedicada a comprender las relaciones existentes entre simetría y asimetría, regularidad y desorden, equilibrio y desequilibrio, orden y caos. Lo que se ha descubierto hasta el momento es que la simetría pueda espontáneamente dar origen a la asimetría, que hay un orden esencial subyacente al caos, que el equilibrio depende del desequilibrio, y que la organización puede surgir de lo azaroso. En el arte y la música modernos, la armonía con frecuencia surge de la disonancia, los ritmos desarticulados de los metros estrictos, y los fragmentos caóticos se reúnen para crear un sentido de unidad. Todo esto parece indicar que estas obras están creadas en cierto sentido en concordancia con los principios estéticos de la física. David Bohm ha dicho con respecto a la relación entre el arte y la física: “La física es una forma de intuición, igual que una forma del arte”. Y la forma que adopta esta intuición implica creatividad, estructuración y un libre

juego de la imaginación. El físico inglés John Tyndall dijo: “Los experimentos y observaciones correctas son los cimientos del edificio de la ciencia, pero la imaginación desempeña el rol del arquitecto”. Einstein expresó la misma idea en términos aún más claros:

Si es cierto que esta base axiomática de la física teórica no puede extraerse de la experiencia sino que debe ser inventada libremente, ¿podemos albergar la esperanza de encontrar alguna vez el camino correcto? Estoy convencido de que podemos descubrir, por medio de construcciones puramente matemáticas, los conceptos y las leyes que los interconectan, que nos proporcionan la clave para la comprensión de los fenómenos naturales. La experiencia puede sugerirnos los conceptos matemáticos apropiados, pero sin duda esos conceptos no pueden deducirse de la experiencia. La experiencia sigue siendo, por supuesto, el único criterio de utilidad física de una construcción matemática. Pero el principio creativo reside en la matemática. En cierto sentido, por lo tanto, creo que es cierto que el pensamiento puro puede aprehender la realidad, tal como lo soñaron los antiguos.

En general, la física encarna dos extremos de un espectro, y el desarrollo de la física se ha basado en las contribuciones de estos dos polos opuestos, ejemplificados en pares complementarios tales como: experimentación versus imaginación; lógica versus intuición y objetividad versus juicio estético subjetivo. En la historia de la física hay muchos ejemplos que sirven para señalar la interdependencia y la naturaleza contingente de estos pares de opuestos. Hasta se puede decir que la estrecha interrelación e interdependencia de los hechos objetivos y el juicio estético subjetivo es *en si misma* una de las grandes bellezas de la física. Einstein lo advirtió muy tempranamente cuando observó: “Lo más incomprensible del universo es el hecho de que sea comprensible”. A partir de la afirmación de Einstein podemos derivar dos deducciones lógicas: sólo somos capaces de comprender un universo en el cual puedan desarrollarse seres capaces de comprenderlo, y la única clase de universo comprensible es aquel capaz de desarrollar seres capaces de comprenderlo. Tal vez estas inferencias interdependientes constituyan una prueba de la compatibilidad entre el hecho objetivo y el juicio estético.



Del caos

Marcelo Gauchat

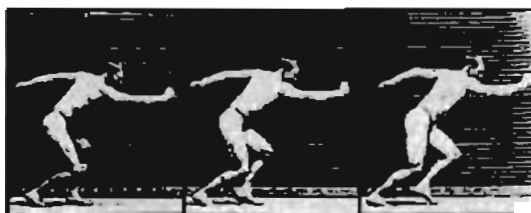
*La humanidad emerge del Caos,
del Abismo, de lo Sin Fondo*

C. Castoriadis

Podríamos decir que el lenguaje, fenómeno esencial en la conformación del sujeto racional también emerge “del Caos, del Abismo, de lo Sin Fondo”. Emerge como marca o señal que establece la diferencia radical, la separación con el abismo. Hablar del caos, del abismo, de lo sin fondo, sinónimos de lo que podríamos llamar el infinito pasado, nos lleva a enfrentarnos con lo que denominamos el instante o principio de la significación, es decir, la significación de la significación.

Desde que somos lenguaje somos humanidad, significación, orden, episteme, sujetos, razón; instancias que aparecen en el emerger azaroso que comienza a perfilar un corte o ruptura con ese abismo heterogéneo, múltiple e inescrutable que designamos con el hombre de caos. Este emerger se configura como la “primera significación” que hará posible la constitución del discurso que ordena y da sentido a través de *un* decir lo que acaece en él, así llamado desde ese instante, universo. Este discurso, como primera estructura, permite que los sujetos conozcan y comuniquen esto que conocen acerca del universo que los rodea y envuelve. Cuando hablamos de primera estructura nos estamos refiriendo al lenguaje, mismo que expresa una visión del mundo a partir de un supuesto orden en la naturaleza posible de ser capturado a través del concepto.

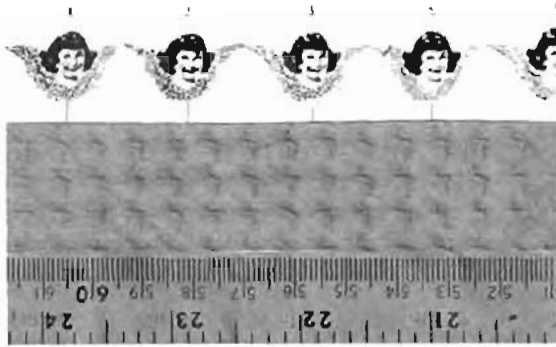
De este primer supuesto se derivó una necesaria causalidad inherente a los fenómenos de la naturaleza; se creyó descubrir leyes autónomas que regían todo el funcionamiento de la *physis* y también una lógica oculta en todas las manifestaciones y hechos del mundo. Esto su-



ponía que las múltiples cosas estaban ya congregadas en el seno del mundo, reunidas en la unidad de un presente cósmico, emparentadas en el contexto de una causalidad omnicompreensiva.

Nos preguntaríamos con Nietzsche “¿cómo una cosa podría ser engendrada por su contrario, por ejemplo lo racional por lo irracional, lo sensible por lo muerto, la lógica por el silogismo, la verdad por el error”? Deberíamos agregar ¿por qué el orden y no más bien el caos?; ¿por qué esta necesidad de encontrar un orden en lo que aparece como caótico y disperso? ¿Suponemos acaso un “origen milagroso, la salida del núcleo y de la esencia de la cosa en sí?”

La ciencia quiso primero la muerte del mito, como la razón la desaparición de lo irracional. Ha visto en él el obstáculo para lograr una verdadera comprensión del mundo, ha desencadenado una guerra interminable contra el pensamiento mítico. Este hecho se formaliza en el preciso momento en que se establece una separación entre sabiduría y filosofía. En los griegos podemos diferenciar dos épocas en el desarrollo de su pensamiento. La primera de ellas, llamada época de los sabios, estuvo caracterizada por un discurso que manifestaba a través de la “manía”, tal como el mismo Platón la llamó, la “exaltación píptica”, resultado de una experiencia mística y misteriosa. Los primitivos sabios helenos habían entendido la razón como un discurso sobre alguna otra cosa, un



“logos” que decía o expresaba una cosa diferente, múltiple y heterogénea. Múltiple y heterogénea como la *apariencia* misma que posibilitaba a los sujetos confundirse con la naturaleza y —como lo manifiesta Nietzsche— “bailar al mismo compás de los demás un baile de elfos y nada más”,² logrando “mantener la generalidad del ensueño, la armonía de todos estos soñadores, y, por lo tanto, la duración de este ensueño”.³ ¿Cómo podríamos explicarnos entonces el paso —si es propio hablar de paso— de este fondo religioso, mítico, a la elaboración de un pensamiento abstracto, racional, discursivo? ¿Fue sólo una sustitución de la fe religiosa por otra que fue y tal vez siga siendo la base del pensamiento científico racional, una nueva fe que ve que en el mundo se esconde un orden racional e inteligible?

La filosofía griega se constituye como el intento de formular y dar respuesta a algunos de estos interrogantes: aparece con ella un nuevo discurso ordenador, nuevo género literario en palabras de Platón, cuya intención fue la de proponer una visión del mundo que en gran medida pudiera alejarse de las diversas concepciones míticas hasta entonces imperantes. Theodor Gomperz refiriéndose a este problema afirmó que “la profusión de mitos, tanta cantidad de dioses, tenían finalmente que confundir y cansar el ánimo de los creyentes. Se parece a una selva virgen, sin sendas, y cuyos viejos troncos se ven cubiertos continuamente por nuevos retoños de plantas adventicias. El *hacha del podador* hacía falta aquí y no había de faltar el brazo firme que sabría manejarla”.⁴

El “hacha del podador” no es otra cosa que

lo que a través de la historia de la filosofía occidental conocemos como el paso del caos al cosmos, del desorden al orden, de lo irracional a lo racional, de lo indefinido a lo definido, del mito al logos.

Tradicionalmente se ha aceptado esta división, paso, o ruptura entre mito y logos; sin embargo, la palabra mito siempre ha pertenecido a nuestro lenguaje (lenguaje-razón) y la etimología revela que la palabra mitología (mito y logos) puede entenderse como una “mezcla de contrarios”, mezcla de mito y logos. Jesy afirma que el

Mythos es inicialmente, a partir de Homero, historia de la retórica y, en especial, de la elocuencia. La elocuencia del héroe homérico, ‘buen hablador’ como Odiseo y como Néstor. Con el *Protágoras* de Platón (320 c, 324 d) aparecen ya aquellas reservas críticas respecto a las evocaciones del pasado que inducían a contraponer *logos* a *mythos*, y a desvalorizar el segundo, a puro narrar no obligatorio, en comparación con el primero, relato o discurso que “implica esencialmente una argumentación o motivación”.⁵

Si bien entre mito y logos hubo una contraposición en determinados momentos de la historia de la lengua y de la cultura griega, por otra parte, tal contraposición no acompañó a estas palabras desde los orígenes, ni tampoco fue siempre absoluta entre la lengua y el pensamiento de quienes más lo afirmaron. Platón mismo, no sólo recurre al mito como instrumento de persuasión, sino que en algunos casos parece emplear las palabras *mythos* y *logos* en acepciones mudables. Podríamos pensar entonces que originariamente no fue una “mezcla de contrarios”, sino que el significado de mito como “palabra eficaz”, “proyecto”, “maquinación”, “deliberación”, se transfirió casi exclusivamente a la palabra logos. Este desplazamiento del significado de una palabra provocó al mismo tiempo una desvalorización paulatina de mito. Es entonces desde el mismo lenguaje como se define tanto una como otra palabra. A partir de estos desplazamientos es el mismo lenguaje el que permite que uno de sus términos cobre mayor fuerza y también un

poder que obliga a la desvalorización del otro. Resultaría impropio hablar, en el pensamiento griego, de enfrentamiento de contrarios; es más prudente referirse a una transmutación de significado-valor dentro de un mismo lenguaje.

Deberíamos ahora preguntarnos, a partir de la afirmación que formulábamos al comienzo de este trabajo, “el lenguaje emerge del caos”, ¿cómo y desde dónde podríamos definir el caos, cómo y por qué la humanidad asume el orden como significación esencial? Podríamos también decir que caos y cosmos (orden) no es precisamente el enfrentamiento de elementos contrarios, sino instancias que están definidas desde un mismo lenguaje.

En la *Teogonía* de Hesíodo hallamos elementos que pueden reforzar esta afirmación. Una interpretación detallada de las primeras personificaciones teogónicas de Hesíodo nos permite descubrir que todas ellas encierran una explicación “ordenada” del mundo, sólo que hablada en metáforas teológicas. García Bacca en su libro *Orígenes y evolución de la física moderna* afirma que

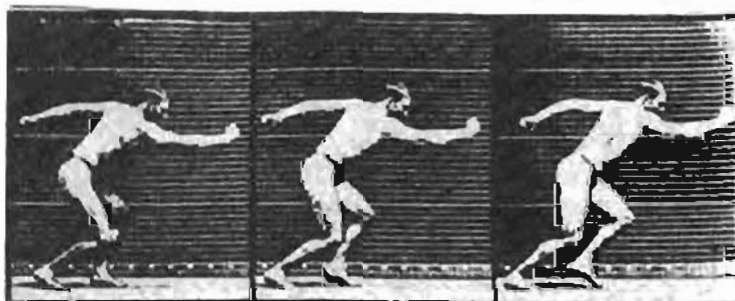
Caos no significa en Hesíodo, como entre nosotros, un revoltijo y maraña de cosas, el universo de objetos convertido en cajón de sastre. Caos significa, lo mismo que *Natura Naturans*. Caos es la naturaleza bajo forma de tensión preliminar; de implicación dinámica, tomada en aquel auroral instante en que se hallaba aún indiferenciada, imbricada, en intermediación consigo misma; pero latiendo, a la vez, en multiforme tensión, en pujos incontenibles de diferenciación polimorfa.⁶

El caos sería para Hesíodo la natura entera, todo lo que se ve, se vio y se verá en el mundo físico, sólo que bajo la forma de tensión inicial, de germen en trance y a punto de estallar para comenzar así a multiplicarse y diferenciarse en tantos tipos de engendros cuantas sean las cosas y hechos del universo. No sería entonces ni el revoltijo de todos los elementos del mundo, ni una nebulosa de elementos primeros, sino

toda la Naturaleza –pasada, actual, futura– reducida al estado de germen, de intermediación consigo misma, de indeterminación e incomplejidad, llevado todo ello a tensión, tensión infinita, tanta y tan potente que por sucesivas mediaciones de determinaciones y complejidades, surgirán todas las cosas, como los elementos y los dioses.⁷

Desde la perspectiva helénica, tanto el caos como el cosmos están definidos desde una misma instancia, el logos, el mismo lenguaje. Para los griegos las palabras eran producto de la naturaleza; la *physis*, entendida como naturaleza de la razón, establecía una relación estrecha entre el lenguaje de la naturaleza y el hombre en estado de naturaleza, instancia que otorgaba al hombre la facultad de formar conceptos que correspondían a la realidad natural. La naturaleza toda se torna en el “primer significante” posible de ser conceptualizado y apprehendido como signo.

La cosmogonía de los primeros helenos ve en la *physis* los indicios, la huella originaria, de lo que se supone un orden en la naturaleza.



El entrecruzamiento de los elementos más diversos y heterogéneos existentes en el universo apuntan potencialmente a la conformación de un tejido de hilos entrelazados según un orden posible de ser capturado. La captura se ejerce a partir del lenguaje que emerge y que comienza a trabajar, entendiendo y explicando al mundo en su diversidad; su trabajo consistirá en no dejar fenómeno alguno de este universo, por muy extraño y complejo que sea, sin explicación racional. Es el comienzo del discurso-razón omnicomprensivo. Para Derrida esta captura es posible desde la convención, “la convención *primera*, la que se vincularía inmediatamente con el orden de la significación natural y universal, se produciría como lenguaje hablado”;⁸ el vínculo originario entre *logos* y *phoné*.

Cuando el pensamiento griego habla de caos lo está haciendo desde el mismo *logos* que le ha permitido comprender todo el universo. ¿Es posible decir el caos desde otro espacio que no sea el mismo que nos ha llevado a asumir el orden como única posibilidad de la significación? Cuando asumimos este orden también aceptamos el lenguaje que estructura al mundo y a la sociedad. Nos permitiríamos decir que la aceptación de este supuesto orden es tan arbitrario como arbitrarias también resultan ser las estructuras sociales, consecuencia de aquella aceptación: convención o creencia que se establece y se sostiene en la simple autoafirmación. Castoriadis sostiene que “la significación impuesta al mundo (y a la sociedad que se presenta como parte del mundo que instituye) es esencialmente ‘arbitraria’, porque “no puede ser ni estar fundada sobre una Razón universal ni reducirse a la correspondencia con un pretendido ser-así del mundo”.⁹

Este rodeo en torno al problema del caos nos lleva indefectiblemente al tema de la significación, del origen, de la causa, del fundamento, del fin, del porqué y para qué, pero, fundamentalmente, al problema del lenguaje. Desde que somos lenguaje somos *logos*-razón; desde él definimos al caos. Carecemos de otra forma de expresión para designar lo que está más allá (antes y después) del instante-razón.

El lenguaje institucional (código de signos cotidianos) no nos permite designar lo “otro”, lo abismal, más que como “insignificancia”. La significación emergería para “recubrir el Caos como un modo de ser que se postula como negación del Caos”.¹⁰

Nietzsche considera que Caos es una palabra que “simula el más lejano de los ambientes”; “el caos ya no es más que el término de una formulación negativa que establecemos a partir de nuestras propias condiciones de vida”.¹¹ Se trata entonces de fuerzas desprovistas de intención alguna.

Desde que somos lenguaje somos sociedad, sujetos, mundo, universo, intencionalidad y significación. El afuera de este orden es el abismo, el punto donde “no hay individuo, no hay especie, no hay identidad, sino tan sólo altos y bajos de intensidad”, no hay intencionalidad, significación ni finalidad.

Caos, profunda y larga noche que no es sino otra metáfora con la que tratamos de pensar lo estrictamente impensable, el enigma, el misterio, aquello que está fuera de todo pensamiento. Noche entregada a sí misma en el abandono de una oscuridad que jamás será tocada por la luz del instante-razón.

Notas

¹ Nietzsche, F., *En torno a la voluntad de poder*, Edic. Península, Barcelona, 1973, p. 33.

² *Ibid.*, p. 44.

³ Colli, G., *El origen de la filosofía*, Madrid, Edit. Tusquet. p. 63.

⁴ Gomperz, T., *Pensadores griegos*. Ed. Guaranía, Paraguay, 1959, p. 66.

⁵ Jesy, Mito, Ed. Labor, Barcelona, 1976, p. 16.

⁶ García Bacca, *El poema de Parménides*, Ed. UNAM, 1943.

⁷ *Ibid.*, 53.

⁸ Derrida, J., *De la gramatología*, Ed. Siglo XXI, México, 1978, p. 17.

⁹ Castoriadis, C., “Institución de la sociedad y religión”, *Revista Vuelta* No. 93, México, 1984, p. 5.

¹⁰ *Ibid.*, p. 5.

¹¹ Klossowski, P., *Nietzsche y el círculo vicioso*, Ed. Seix Barral, Barcelona, 1972, p. 200.

La biosemiótica: un paradigma de la biología*

Señalización biológica al borde del caos determinístico

J. Eder y H. Rembold

Traducción de Gertrudis Payás

En la ciencia, toda idea nueva pasa por tres etapas. Al principio nadie la cree, después, la creen pero no le dan importancia; y finalmente la creen, le dan importancia, pero dicen que no es nueva.

Michael de Montaigne

La bioquímica parte de la química biorgánica de las sustancias naturales, luego evoluciona hacia el examen de los aspectos dinámicos del metabolismo y finalmente conduce a la apoteosis de la biología molecular de hoy día. Sus éxitos y logros¹ confirman que evidentemente existe una "lógica molecular de los organismos vivos".² También explican el papel dominante del paradigma molecular dentro de las ciencias biológicas. Hay que señalar que el reduccionismo³⁻⁵ como preconcepción filosófica que hizo escuela, se encuentra en la raíz misma de este impresionante avance.

El enfoque molecular se ha considerado a menudo como una especie de llave universal para entender los fenómenos esenciales de la vida. Sin embargo, este optimismo demasiado entusiasta se está desvaneciendo,⁶ debido sobre todo a que no se ha encontrado respuesta a muchas preguntas. La mayoría de éstas son parte de los objetivos esenciales de la biología como ciencia autónoma, por ejemplo algunos fenómenos de gran complejidad e integración como la regulación dentro de las redes bioquímicas o las interacciones ecológicas, o bien la autoorganización, el desarrollo, la morfogénesis, y —como sello distintivo de la vida— la biodiversidad. Crece un cierto temor de que la

biología molecular, por los problemas ya mencionados, puede no cumplir sus promesas.⁷ El blanco principal de la crítica es una actitud reduccionista que parece ser la filosofía determinante tras la perspectiva molecular de la biología.⁸

En muchas publicaciones de áreas tan distintas como biología celular, entomología o ecología se describe la comunicación dentro de los sistemas vivos, y entre unos y otros. En su mayoría insisten en dar un enfoque puramente molecular al estudio de las señales y sistemas de señales. Sin embargo, en nuestras investigaciones sobre interacciones químicas en sociedades de insectos, entre insectos y plantas, y en sistemas de huésped-parásito, nos hemos convencido de que el intercambio de señales en el complejo nivel de organismos intactos escapa curiosamente a un enfoque exclusivamente molecular. Una tendencia similar, aún dispersa, se percibe en las publicaciones provenientes de otros campos en los que parece surgir una doctrina autónoma de señales. Cada vez se hace más hincapié en la idea de que la interconexión por medio de señales constituye una idea omnimoda de la biología y un criterio esencial de la vida que debería estudiarse por derecho propio. Teniendo en cuenta que las señales parecen impregnar toda la biología, y considerando la nueva cualidad atribuida a este fenómeno, intentamos proponer a la *biosemiótica* como marco integrador y como paradigma. Parece que hemos llegado al punto en que al paradigma molecular debe sumársele otro paradigma complementario.

La primera parte de esta publicación se concibe como reseña. Inevitablemente incompleta, hace un bosquejo del desarrollo de un concepto semiótico dentro de las ciencias biológicas. En la segunda, la biosemiótica se define como un concep-

* Versión ampliada de un documento presentado por H. Rembold en la 22a. Conferencia Etológica Internacional, Kyoto, 22-29 de agosto de 1991.

to fundamental y un marco omnímmodo que integrará una amplia gama de fenómenos biológicos que hasta el momento parecen totalmente inconexos. Se mencionará brevemente como un punto importante la cercanía del mundo biosemiótico con el caos determinístico. En la tercera sección, se presenta un panorama que explica que la biosemiótica no es sólo una disciplina más, sino toda una empresa interdisciplinaria y casi una filosofía. Al no restringirse únicamente a los horizontes de la biología molecular, revelará un rostro nuevo de la verdad científica y contribuirá a una pluralización de la biología que se avecina.

La biosemiótica como concepto

La semiótica se originó como una rama de las humanidades con un pronunciado sesgo lingüístico. Sus fundadores ya eran conscientes de que este término podía aplicarse a cualquier sistema de signos y señales. Los primeros intentos de aplicar los conceptos semióticos a las ciencias biológicas estaban demasiado adelantados para su tiempo y no cuajaron hasta que surgió un interés renovado por los procesos mediados por signos. En las publicaciones recientes aparece una y otra vez la tendencia a definir los procesos biológicos como comunicación mediada por signos y a estudiarlos a la luz de este aspecto universal. Difundido de manera muy ubicua, está evidentemente a la espera de poderse verbalizar y concretar precisamente en el sistema coherente e integrador que tan necesario es para la biología.

La semiótica: una doctrina de signos y señales

El tema central de la semiótica es, sencillamente, los mensajes y sus significados. Dado que todo mensaje se compone de signos, la semiótica es la doctrina de los signos y por ello forma parte de la lingüística.

En el hombre, el lenguaje es el sistema de señales por excelencia y el sello distintivo de lo humano; y la semiótica intenta crear un lenguaje para hablar de signos y de universales del lenguaje. La semiótica ofrece una base para la interpretación de lenguajes formalizados así como una teoría de códigos, y utiliza estudios comparativos

de gramática para obtener información sobre la genealogía del lenguaje.

En las humanidades, John Locke, a finales del siglo xvii, fue quien introdujo el término *semiótica* en el discurso filosófico. Sin embargo, el auténtico fundador y primer investigador sistemático del área fue el filósofo estadounidense C. S. Peirce, en la primera mitad de nuestro siglo. Fue útil la propuesta de C. W. Morris⁹ de subdividir la semiótica en sintaxis, semántica y pragmática, además de que fue uno de los primeros en subrayar el extraordinario carácter omnímmodo de la semiótica *como organon o instrumento de todas las ciencias*. Aparte de la semiótica pura, que desarrolla una terminología científica apropiada para el mundo de los significados, la semiótica puede aplicarse a todo sistema de signos y señales.^{10, 11} La conciencia de su potencial como herramienta integradora está ganando cada vez más terreno en las ciencias biológicas. La semiótica, como disciplina científica, es un fenómeno intelectual vigoroso. De paso mencionaremos la cibernética y la teoría de sistema como áreas afines.

La biología como semiótica natural

*Este universo está impregnado por signos.*¹² Ya en 1934, la frase visionaria de C.S. Peirce anticipó un logro moderno fascinante: en la actualidad, en todas las ciencias biológicas está por surgir un contexto general de la semiótica y una concepción del significado que no son privativos del hombre. El criterio básico de la vida —que la biología molecular no ha logrado captar— reside en las relaciones sistémicas¹³ y en la intrincada red de interdependencias y comunicaciones interactivas entre todas las actividades que la componen. Los sistemas biológicos no son un mero conjunto de componentes sin relación; están en esencia determinados por la información¹⁴ y, por lo tanto, por la dinámica semiótica de signo y señal. Estar vivo es una propiedad de los sistemas, es decir, una característica que sólo puede atribuirse a entidades organizadas. Sin embargo, los problemas de la teoría de sistemas son siempre problemas semióticos.¹⁵

En las últimas décadas, como se han realizado varios intentos por incorporar de lleno el aparato

conceptual de la antroposemiótica a las ciencias biológicas¹⁶, la biología se ha visto cada vez más invadida por el *lenguaje del lenguaje*. Sin embargo, la mayoría de estos intentos ha pasado desapercibida y no han sido más que una iniciativa aislada. Hoy en día parece que este descuido se debe virtualmente a la importancia para una descripción y una perspectiva cuyo momento todavía no había llegado y cuyo posible impacto, por lo tanto, era invisible en aquel entonces. Por medio de conceptos asociados con la cibernética y la información, N. Wiener¹⁷ ha estado haciendo comparaciones entre un organismo y un lenguaje. En medicina, el término *semiótica* se emplea para designar una doctrina de síntomas que señalan la existencia de una enfermedad.¹⁸ A raíz de la exportación de conceptos semióticos, se han creado un sinfín de términos especiales, por ejemplo, *citosemiótica*,¹⁵ *fitosemiótica*,^{19, 20} *zoosemiótica*,²¹ *inmunosemiótica*,²² *endosemiótica*²³ y *protosemiótica*.¹⁵

Dentro de todo este despliegue de semióticas, la inmunosemiótica debería tratarse por separado. Acuñado durante los preparativos de un *simposium*,²² este término, y el concepto subyacente, se concibieron como un enfoque que podría desembarañar la intrincada comunicación entre linfocitos. Se puso de manifiesto que la interacción de células en el sistema inmune era efectivamente el terreno idóneo para la aplicación de los amplios métodos del análisis semiótico a un problema actual en el reconocimiento biológico. Cosa curiosa, esta empresa interdisciplinaria se ha llegado a definir como *la inmunología al rescate de la semiótica*.²⁴ Cabe citar en este momento la teoría de red idiotípica de N. Jerne como la opinión unificadora que se sitúa entre la inmunología y la semiótica, y que puede describir al sistema inmune como una unidad centrada en organismos autorreferentes.²⁵ Su flexibilidad puede considerarse como la *gramática generativa del sistema inmune*. Otra analogía entre las descripciones del lenguaje y del sistema inmune compara *lo abierto de la gramática generativa* de N. Chomsky²⁶ con *lo concluso del repertorio de anticuerpos*.²⁷

Las interacciones semióticas, incluidas emisión, reconocimiento e interpretación profunda de señales, se dan de manera ubicua y en todos los

niveles de vida. La comunicación puede estar mediada por canales auditivos, visuales, químicos y táctiles.²⁸ De acuerdo con el punto de vista de que las funciones biológicas a fin de cuentas serán explicadas sobre la base de eventos mediados por signos (es decir, a un nivel que incluye y a la vez trasciende a la biología molecular) podría resultar que un organismo pueda definirse de manera distintiva por medio de un número suficientemente grande de interacciones —la biología, en sí misma y en todos sus aspectos, es semiótica natural.²⁹

Estas ideas, al igual que todas las ramificaciones biológicas de la semiótica que se han mencionado hasta el momento y que coexisten hasta hoy, convergen en la biosemiótica, que se concibe como un concepto integrador tanto como una nueva perspectiva. La creación de la biosemiótica debe verse primordialmente como un suceso concentrador. Su objeto central son las relaciones semióticas de todo sistema comunicativo, basado en el reconocimiento, en células, plantas y animales.¹⁵

²⁸ Abarca, por ejemplo, las interacciones puramente moleculares de la protosemiótica, las señales en la bioquímica celular, la homeostasis de organismos intactos al igual que las relaciones intra e interespecies dentro de los ecosistemas.¹⁵ Además, tendrá que adaptar los métodos, las definiciones y las terminologías de la semiótica pura a un contexto biosemiótico más amplio. Un aspecto importante es que la biosemiótica se ocupará de los sistemas de signos no lineales y dinámicos, en los que explícitamente se funden energía e información. Para facilitar un enfoque experimental T. S. Sebeok³⁰ propone que un evento biosemiótico puede ser subdividido en seis factores: fuente, canal (visual, químico, etc.), destino, có-



digo, mensaje y contexto. Otra función especial será también redefinir y reevaluar los conceptos generales de la semiótica, por ejemplo, *signo* o *significado* dentro de un contexto biológico. Un *signo* es algo que equivale a otra cosa en el marco de un lenguaje.

La cualidad de ser signo existe sólo en función de un sistema de significado. Una molécula es un antígeno, una hormona, o una feromona sólo en función, respectivamente, de un sistema inmune, endocrino, o de una relación intraespecie. No existe un signo *absoluto*. En todos estos casos se establece claramente una relación específica entre un lector y su signo. Esta relación consiste en una interpretación, es decir que un signo sólo puede definirse respecto a un código determinado. La lectura de signos químicos, por ejemplo, supone una selección estructura-antiestructura por medio de receptores concretos. Al extender la definición de *significado* dándole connotaciones biológicas, puede decirse, por ejemplo, que el significado del ADN es el organismo que surge de él. Desde el punto de vista biosemiótico, esta declaración disipa la convención errónea de que el ADN es un anteproyecto, un conjunto de planos en correspondencia directa con el organismo en construcción. En cambio, ilustra y subraya la relación no sólo entre significado y ADN, sino también entre significado y un universo de otros tipos de información biológica. Sólo en el contexto químico y en el medio ambiente bioquímico adecuados, presentes *a priori*, el significado del ADN puede desplegarse y traducirse en un organismo. El *significado*, como concepto semiótico, reúne estos diversos tipos de información en un impecable atado conceptual. La comprensión de esta relación

pone en relieve y postula muy imperiosamente el uso del *lenguaje del lenguaje* en la descripción de los sistemas biológicos.

Hace unos años que se oye hablar de biosemiótica.^{15, 29} M. Florkin, en su capítulo sobre biosemiótica,³¹ por un lado prevé que las interacciones semióticas a nivel de ecosistema serán un problema para el futuro, y por otro hace hincapié en que la *protosemiótica* es un método de estudio para los fenómenos cuasisemióticos en la interacción de átomos y moléculas. T. A. Sebeok, que como lingüista y semiólogo indiscutiblemente tiene una marcada orientación biológica, es un partidario acérrimo de la biosemiótica. Cree que la dinámica de la semiosis constituye nada menos que la propiedad crucial que define toda la vida. La perspectiva más atractiva que destaca en todas las publicaciones de Sebeok es la visión de una ciencia de signos auténticamente comparativa, que abarca ejemplos tan únicos y especiales como el lenguaje del ser humano y la comunicación química a nivel de sociedades de insectos. Pese a lo poco revelador de su título, *La comunicación animal*,³² una obra editada por él, contiene una serie de análisis en los que predomina abiertamente un punto de vista biosemiótico. En otros escritos,^{30, 33, 34} la *zoosemiótica* se propone como un área de investigación que abarca tanto la zoología como la semiótica.

Ya en 1971, Law y Regnier³⁵ proponen el término *semioquímico* para los compuestos que median interacciones entre organismos. En 1891 se dio también el título *Semioquímicos*³⁶ a una monografía, y en un *simposium* celebrado en 1989 la expresión clave era *moléculas señal*.³⁶ Hoy día arraigados ya en la jerga científica, estos neologismos demuestran que la señal química se reconoce y se entiende como un fenómeno general. Por último, debemos citar la *Biokommunikation* de G. Tembrock³⁸ que es totalmente biosemiótica en su contenido y en su filosofía.

La biosemiótica como perspectiva

Una característica atractiva de la biosemiótica es su potencial integrador. En primer lugar, constituye un puente intelectual entre la biología molecular y la organismica,³⁹ ciencias divergentes. En



segundo lugar, una semiótica general proporciona una justificación para reintegrar ciencia y humanidades en una síntesis superior propia de una doctrina de signos. En tercer lugar, y lo que es más importante, la biología tendrá como paradigma esencial una doctrina biosemiótica general. Surge como iniciativa de gran empuje y visión de futuro, y permitirá el estudio de los fenómenos biológicos dentro de su estructura jerárquica y contexto pertinentes. La bioquímica y la biología molecular nos proporcionan un extenso muestrario de moléculas. Ahora bien, necesitamos urgentemente el patrón de su contexto. Una enorme gama de fenómenos biológicos que hasta el momento parecen inaccesibles, inconexos o incompatibles serán integrados en un marco teórico unificador. Hoy día, la biología, en todos los niveles, puede verse y estudiarse como comunicación. Sin embargo, la biosemiótica no es sólo un concepto unificador sino también una nueva perspectiva incitante para problemas como la complejidad, la diversidad y la interconexión. Al impregnar toda la biología, la señal es una clave viable para entender la vida.

Complejidad, diversidad e interconexión Retos para la biosemiótica

La complejidad, por ejemplo, de un organismo proviene no sólo del número y la diversidad de sus componentes moleculares, sino, sobre todo, de sus interacciones sumamente organizadas, reguladas y –a menudo– impredecibles, y de las interconexiones entre ellas. Por lo tanto, una biología que se centra deliberadamente en el organismo^{40,41} cae precisamente en el ámbito de la biosemiótica y ésta debería estimularla. La mayor parte de las interrogantes no resueltas de inmunología y neurología remiten a procesos determinados por señales, y por esta razón también deben estudiarse dentro de este contexto. El sistema inmune y el sistema nervioso, al ser autorreferentes dentro de una estructura de red, representan, cada uno por su parte, un reto específico para la biosemiótica.

La biodiversidad. Dentro del ámbito actual de las ciencias biológicas, gran parte de la comuni-



dad científica no comprende bien la diversidad, y la subestima.⁴² El meollo filosófico del reduccionismo destaca el carácter unitario de todos los fenómenos biológicos y precisamente por eso es incapaz de dar valor a la biodiversidad. Las teorías físicas de la vida por lo general han restado importancia a la biodiversidad: *Ésta es la era de la generalidad –la diversidad no está de moda.*⁴³ Sin embargo, a medida que los biólogos se especializan en grupos particulares de organismos,⁴⁴ parecen destinados a converger en la biosemiótica como lenguaje y metodología comunes. Cuanto más profunda sea la exploración en las relaciones semióticas más rápidamente se reconocerá que la diversidad es un sello distintivo de vida cuyo tema dominante es la pluralización de la red biosemiótica. Al seleccionar determinados grupos taxonómicos o especies para estudiar el intercambio de señales a través de todos los niveles de organización y dentro de cada uno de ellos, cada clase de animal tendrá a su disposición un repertorio de signos que constituye un sistema que le es propio o, dicho en jerga biológica, especie-específico. Se propuso el término “*etograma*”,³⁰ como una verbalización útil, para designar la imagen coherente de todos los eventos y relaciones biosemióticas de una especie.

El enfoque explicativo de la biosemiótica se centrará en las propiedades sistémicas, es decir, en señales y relaciones semióticas, y no se basará sólo en detalles moleculares. Este esperado renacimiento de la biodiversidad⁴⁵ abarcará sin duda la sistemática y la taxonomía,⁴⁶ o como lo ha dicho E.O. Wibon, *el futuro de la investigación biológica básica está en gran medida en la exploración de la diversidad.*



La interconexión. De acuerdo con su filosofía subyacente, la biosemiótica es pertinente también para la protosemiótica y la homeostasis en niveles inferiores de organización. Sin embargo, al pertenecer a una perspectiva orientada hacia los afloramientos, su preocupación principal debería situarse en el intercambio de señales en los niveles superiores de integración como son las relaciones intra e interespecies. Dentro de este contexto, la simbiosis, el mutualismo, el comensalismo y las relaciones presa-depredador precisan o se prestan a una interpretación semiótica. El mimetismo biológico también se vale de señales de adaptación para proteger a un organismo de sus enemigos. En materia ecológica, el estudio de la sociabilidad de insectos, y de las relaciones insecto-planta y huésped-parásito constituirá un reto especial para la biosemiótica.

Insectos sociales. Los insectos sociales son el modelo por excelencia en un paradigma biosemiótico. En varias ocasiones, a lo largo de la evolución, la conducta social ha aflorado. Las sociedades de insectos constituyen la apoteosis de la integración biológica. En retrospectiva, su configuración resulta ser una de las ideas más ingeniosas de la naturaleza en el camino hacia la sociabilidad.⁴⁷ Los aspectos semióticos se encuentran en el núcleo de cualquier agrupación social, y la organización social se basa siempre en cierto tipo de comunicación mediada por lenguaje. Ahora bien, cabe preguntarse si el lenguaje es parte de la sociedad o si la sociedad es parte del lenguaje.³⁰ La respuesta debe ser que el problema de la sociabilidad de los insectos debería abordarse desde ambos flancos, es decir, con el semiólogo y el

entomólogo trabajando en estrecha colaboración. Dentro de los lenguajes y dialectos usados por las sociedades de insectos, el lenguaje químico resulta ser un lenguaje universal, aspecto que ya ha sido tomado en cuenta en el término *quimiosociabilidad*.⁴⁸

En las hormigas, abejas, avispas y termitas, la mayor parte de las conductas no tienen significado alguno salvo cuando encajan en un patrón completo de interacciones semióticas entre miembros de la colonia. Este imperio de hexápodos conserva su unidad por comunicación química. Se emplean diversas combinaciones de señales químicas y táctiles para actuar como reclamos, para la identificación de parentesco, para estrategias de búsqueda de alimento, etc. Al estudiar las sociedades de insectos, puede que terminemos por darnos cuenta de que estamos tan sólo empezando a comprender las moléculas señal como son las feromonas y los aleloquímicos, y que estamos aún muy lejos de llegar al término del camino.

Una organización social como es el caso de una colonia de hormigas puede desarrollar propiedades de un sistema cognitivo para resolver problemas que trascienden la capacidad de los individuos por separado. En su jerarquía hay un alto grado de interconexión o densidad en el sentido de que los individuos son susceptibles de comunicarse individualmente entre sí.

Las hormigas forrajeras, por ejemplo, se encargan de cubrir la necesidad generalizada de alimentos por medio de un sistema de relevos basado en la comunicación de masas. El lenguaje que se utiliza comprende espirales de retroalimentación que van desde las unidades de organización inferiores a las superiores. Las espirales crean patrones que afloran únicamente a nivel de la colonia, y que son difíciles de predecir si se parte sólo del conocimiento de la conducta individual.⁴⁹

Las abejas productoras de miel representan sin lugar a dudas la apoteosis de la quimiosociabilidad. Se ha demostrado que una gran variedad de modos conductuales se regula con señales feromonales que tienen su origen en diversas glándulas exocrinas de las obreras o de la reina. El sistema de castas, sobre todo, y la división del trabajo resultante hacen gala de una elegancia comunica-

tiva que apunta hacia un estrecho vínculo entre las estructuras biosemióticas y la organización social.^{50,51}

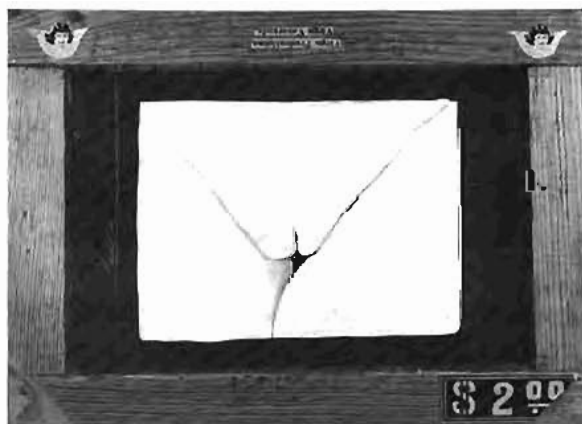
Relaciones insecto-planta. Dentro del contexto de la comunicación química interespecífica, las relaciones mediadas por signos entre los insectos fitófagos y sus plantas huésped representan un tema sumamente gratificante. En el transcurso de la coevolución insecto-planta, algunas plantas han aprendido a protegerse por medio de semioquímicos que pueden estudiarse con una perspectiva biosemiótica. Las sustancias repelentes en los exudados de hoja son señales de contacto o que se perciben a distancia. Al modificar la conducta de los insectos plaga, son factores de resistencia y contribuyen a una protección parcial de la planta huésped.⁵² Las plantas de cultivo y sus plagas suelen situarse en condiciones agroclimáticas variables y responden a su manera a estos factores de tensión. La aparición de las queromonas fue un avance importante en favor de los insectos. Las indicaciones olfativas de los volátiles de las plantas son importantes señales que guían al insecto hacia su planta huésped.⁵³ A falta de una orientación visual, se hacen esenciales para los insectos fitófagos nocturnos y en algunas ocasiones parecen controlar la reproducción de estos últimos.

Interacciones huésped-parásito. La enfermedad de Chagas es causada por un flagelado parásito, el *Trypanosoma cruzi*, que se desarrolla y reproduce en un insecto como huésped intermedio. La relación huésped-parásito entre el chupasangre, *Rhodnius prolixus* y el *T. cruzi* es un fenómeno claramente biosemiótico, en el que las hormonas del insecto y sus cambios titulares actúan como señales. En un insecto sano, éstas regulan su desarrollo. En uno parasitado, en cambio, parece controlar también al parásito, de tal forma que el *T. cruzi* depende de que la regulación endocrina de su huésped esté fisiológicamente balanceada y sincronizada. El Azadirachtin⁵⁴ es un metabolito de plantas que afecta al sistema hormonal del insecto. Sin embargo, al hacerlo también altera de forma perdurable el ajuste tan cuidadosamente sincronizado entre el parásito y su huésped intermedio. Al tratar a un insecto con Azadirachtin se

le afecta de tal manera que pierde su identidad biosemiótica y, por lo mismo, ya no es atractivo ni viable para el parásito.⁵⁵ La señal perdida y el fundamento bioquímico de este fenómeno todavía no se conocen. Estudiarlos dentro del paradigma biosemiótico puede guiarnos hacia los métodos para combatir otras enfermedades causadas por tripanosomas.

El hecho de presentar un concepto biosemiótico general en este momento parece tener tres ventajas significativas. La primera es que una gran cantidad de información hasta ahora inconexa, al igual que proyectos de investigación aislados se unificarán debido al potencial integrador que tiene la perspectiva biosemiótica. La segunda es que con una especie de retrospectiva conceptualizadora, los resultados y logros anteriores pueden reinterpretarse a la luz de la semiótica. La tercera, y la más importante, es que de la nueva forma de lo habitual surgirán sin lugar a dudas nuevos e ques experimentales.

Un gran número de problemas y áreas de investigación existentes se presta a ser examinado, estudiado e interpretado con la biosemiótica. Entre ellos destacaremos⁵⁶ las cascadas de señales intracelulares vinculadas a la acción hormonal y a los sistemas de segundo mensajero, señalización hormonal en general, formación de patrones, autoorganización y morfogénesis, células nerviosas y redes neurales, conversión de señales basadas en oscilaciones de calcio, reacciones de oscilación en general, redes inmunológicas, comunicación intercelular en el *Dictyostelium* y propagación de señales en el corazón. Como ya se indicó, el estudio biosemiótico se centrará en los niveles superiores de integración.



La biosemiótica y el extraño mundo del caos

Hasta hace poco la ciencia se fundaba en el supuesto de que el mundo físico estaba ordenado y gobernado esencialmente por la causalidad y el determinismo. Luego, como una derivación de la física clásica y de las matemáticas de la era de las computadoras surge la teoría del caos como una de las áreas más interesantes y enigmáticas de la ciencia en los últimos treinta años.^{57, 58} La detección del caos en los sistemas determinísticos está por establecer una nueva doctrina de interconexiones y dar una respuesta inesperada a la vieja cuestión de la previsibilidad. El conocimiento acucioso del caos determinístico influirá de manera profunda en todos los conceptos científicos de la naturaleza en general.⁵⁹ Sin embargo, la ciencia de lo no lineal por excelencia es la biología. Aquí, el campo de la dinámica no lineal tiene implicaciones especialmente interesantes y la teoría del caos está empezando a arrojar una prodigiosa luz sobre fenómenos antes inexplicados.⁶⁰ Puede que surja una conducta caótica e impredecible al igual que una sensibilidad pronunciada a condiciones iniciales en sistemas y procesos que son sumamente complejos, irreversibles, y que distan del equilibrio, que poseen espirales de retroalimentación y que, por estos motivos, tienden a una conducta errática y sólo pueden entenderse en función de su historia. En tales sistemas, las cadenas causales no pueden ser rastreadas más allá de un punto terminal debido a que se pierden en la insondable complejidad del organismo. La siguiente selección de ejemplos ilustra que los procesos no lineales no son en absoluto excepcionales en biología. Al contrario, son ubicuos y representan una característica esencial de la vida.

- En medicina y fisiología, los procesos iterativos que comprenden ritmos fractales parecen ser normales. El ritmo de un corazón sano y la actividad de un cerebro sano son caóticos. Los resultados actuales indican que las enfermedades dinámicas como las fallas en ritmos cardíacos y el camino hacia una muerte súbita no son una bifurcación del caos fisiológico, sino que se caracterizan por una pérdida de la variabilidad fractal del ritmo cardíaco. Las periodicidades patológicas sumadas a una pérdida del equilibrio entre orden y

variabilidad también son características del proceso de envejecimiento. En el cerebro, la actividad caótica autocontrolada en la que participan millones de neuronas parece esencial para la percepción y el reconocimiento rápidos.⁶¹ Recientemente hemos asociado algunos trastornos, como la epilepsia y la esquizofrenia, con una pérdida de flexibilidad caótica en el cerebro.⁶²

- Los biólogos también perciben caos en las cambiantes poblaciones de animales. Las fluctuaciones irregulares, que siempre fueron difíciles de explicar, ahora pueden describirse con las matemáticas no lineales.⁶³

- La evolución biológica requiere variabilidad genética. El caos proporciona un medio para estructurar los cambios fortuitos con lo que pone a la variabilidad bajo el control de la evolución.

- Una presa que escapa al ataque de su depredador puede emplear el control de vuelo caótico como factor sorpresa para evitar la captura.

- En múltiples especies de mamíferos, el modelo de ramificación irregular de las estructuras anatómicas, por ejemplo, el árbol bronquial, es congruente con un proceso de autosemejanza morfogenética descrita en la escala de Fibonacci.

- El caos determinístico es pertinente para la dinámica de las reacciones oscilatorias que se observan en cualquier nivel de organización biológica y que pueden volverse caóticas porque poseen un elemento de retroalimentación. Las oscilaciones son importantes, por ejemplo, para la glicólisis en las funciones del reloj biológico, en la transmisión de señales intra e intercelulares, y en la diferenciación celular.^{64, 65}

- La naturaleza emplea también el caos de manera constructiva. Según las leyes de la termodinámica, el orden no debería provenir del caos. En vista de la autorganización biológica —que también es tema de la sinérgica⁶⁶— resulta, sin embargo, instructivo hacer una distinción entre dos aspectos esencialmente diferentes. Un aspecto generalmente esperado que describe una explosión abrupta del caos tras condiciones de orden iniciales. El caso más o menos inesperado remite a la observación de que el caos puede también conducir al orden. Sorprendentemente, este tipo de fenómenos parece ser la regla en biología, en la que la formación de patrones temporales y espa-

ciales puede darse en sistemas dinámicos que distan del equilibrio.

Las implicaciones biológicas de la teoría del caos y de la biosemiótica en su calidad de doctrina de signos y señales están estrechamente interconectadas. La naturaleza está repleta de sistemas dinámicos que distan del equilibrio, compuestos de individuos interdependientes e interactivos. El órgano de control central de un sistema como éste es siempre un conjunto de señales que pertenecen a los elementos no caóticos y de sutil interacción al nivel jerárquico inmediatamente inferior, y que deberían distinguirse claramente del ruido ambiental. Estas señales y sutiles interacciones, que obedecen con frecuencia a leyes no lineales, están concebidas para desembocar en la conducta y el desarrollo temporal del sistema que, como es sabido, suele ser irregular, individual e impredecible. Todos los paradigmas conservadores nos inducen engañosamente a pensar en términos de modelos de equilibrio. Los verdaderos fenómenos, sin embargo, no tienen en esencia restricciones y por ello son menos predecibles. Los sistemas que distan del equilibrio, las estructuras disipativas y las espirales de retroalimentación no lineales están estrechamente vinculadas a una trans-

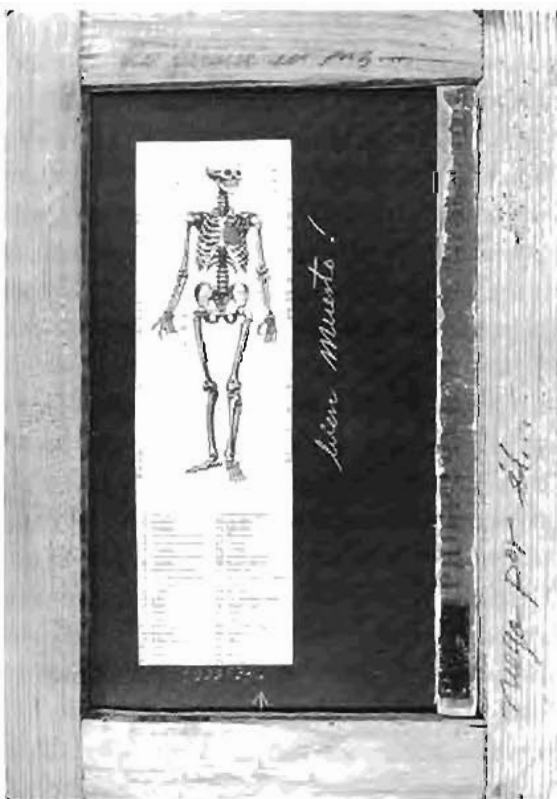
ferencia constante de señales, con lo que generan la actividad frenética de la vida —complejidad, estructuras de red y diversidad, al igual que crecimiento, réplica y lenguaje, para nombrar tan sólo algunos de los eventos semióticos más habituales. La proximidad del mundo semiótico con el caos determinístico sigue siendo extraña para la mayoría de los científicos. Al estar habituados a trabajar con sistemas aislados, reduccionistas, lineales y monocausales, a nuestra intuición le cuesta familiarizarse espontáneamente con la nueva perspectiva y sus consecuencias. Por esta razón, la biosemiótica es una perspectiva prometedora y fecunda.

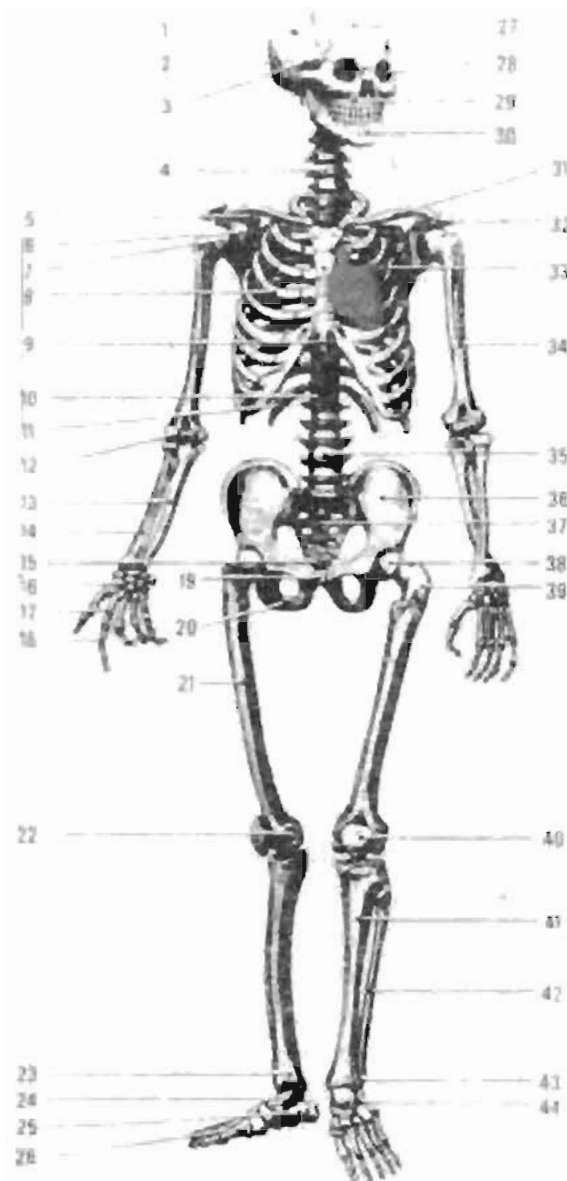
Sinopsis y perspectiva

La teoría es siempre lo primero en todo lo relacionado con el progreso científico.⁶⁸⁻⁷⁰ En cuanto a la biología actual esto significa que se está llevando a cabo una reorientación intelectual. Las expresiones “biología sistémica”, como la describe Bleecken,¹³ e “información biológica”, según la definición de Albrecht-Buehler,¹⁴ apuntan hacia el problema esencial de las ciencias biológicas.

No se sabrá hasta qué punto la comunicación y la interacción están determinando los sistemas vivos, tanto en su interdependencia como internamente, partiendo del punto de vista exclusivamente molecular. Debe elaborarse un marco filosófico lo suficientemente general para que represente y abarque aquellos aspectos del sistema de vida que rebasan el alcance de la biología molecular. La biosemiótica, como se describe en este artículo, está calificada para esta labor y nos indica la dirección en que debemos seguir. El mensaje de la biosemiótica se centra en la comunicación mediada por signos como una característica primordial de la vida, y el ir de la cibernética a las estructuras disipativas nos da acceso a los aspectos más *diversos e irregulares* de los sistemas vivos. Y es precisamente esta frontera de lo no lineal en la naturaleza la que el nuevo paradigma deberá reconocer como un requisito fundamental para que la biología surja como una disciplina autónoma.

Una doctrina de signos y señales comparativa y universal podría convertirse en el lenguaje del





- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1 Parietal | 23. Maléolo interna |
| 2 Occipital | 24. Astrágalo |
| 3 Temporal | 25. Calcáneo |
| 4 Vertébras cervicales | 26. Metatarso |
| 5 Apófisis coracoides | 27. Frontal |
| 6 Omóplato | 28. Órbita |
| 7 Cabeza del húmero | 29. Maxilar superior |
| 8 Costillas | 30. Maxilar inferior |
| 9 Apéndice xifoides | 31. Clavícula |
| 10 12a. vértebra dorsal | 32. Artic. escapulo-humeral |
| 11 12a. costilla | 33. Esternón |
| 12 Tróclea | 34. Húmero |
| 13 Cubito | 35. 3a. vértebra lumbar |
| 14 Radio | 36. Hueso ilíaco |
| 15 Cóccix | 37. Sacro |
| 16 Carpo | 38. Cabeza del fémur |
| 17 Metacarpo | 39. Tros. ant. mayor |
| 18 Falanges | 40. Art. tibia |
| 19 Síndesmo del pie | 41. Tibia |
| 20 Esquiál | 42. Peroneo |
| 21 Fémur | 43. Malleolo externa |
| | 44. Calcáneo |

lenguaje usado en los sistemas vivos, e iniciar un cambio de paradigma ahora, y de una forma ampliamente factible. Al adoptar este enfoque se obtienen beneficios evidentes. La biosemiótica representa una filosofía nueva. Dentro de un marco omnimodo, terminará por abarcar la gama completa, desde la biología molecular hasta el caos determinístico. El salto que nos permita llegar a esta noción fundamental no parece que se haya logrado hasta el momento. Primero deberá ser un salto intelectual. Plantear la objeción de que aún no existe una teoría biosemiótica consistente sería erróneo y por lo tanto debería evitarse. Un proyecto digno de una investigación a gran escala debe tener visión a futuro y sobre todo ser nuevo. Aunque, al ser realmente nuevo, impide que se presente como una solución inmediata.

Entonces, ¿qué habilidades debe desplegar el científico al embarcarse en una empresa como ésta, y hasta qué punto debe llegar a convertirse en un perfecto semiólogo? Dado que nadie puede prepararse adecuadamente en todas estas áreas, la ciencia de los signos debe desarrollarse de una manera poco ortodoxa. No como una disciplina académica nueva representada por una cátedra universitaria de biosemiótica sino, más bien, como un nuevo tipo de cooperación, es decir, en una institución apropiada. La biosemiótica, como paradigma, cambiará el punto de partida y la meta de los experimentos e hipótesis: *desde cómo la información genética* codificada en el ADN determina, en un proceso lineal y predecible, la estructura y la función de sistemas aislados en un organismo vivo, *hasta cómo la red semiótica de señales e información*, dentro de los organismos y entre ellos, revela un enfoque ante los fenómenos no lineales, impredecibles y caóticos en biología. Creemos que estos últimos representan, de manera bastante sobresaliente, nada menos que “la otra cara de la moneda”; y junto con la biología molecular, deben guiarnos hacia las verdaderas características de la vida. Familiarizarnos con ellos es gratificante y conlleva esta prodigiosa percepción: cuanto más entendamos las complejidades de un sistema menos debemos confiar en nuestro poder para manipularlo y manejarlo. Comprender esto representa una meta para la biología que justifica cualquier esfuerzo.

Notas:

- ¹ Holliday, R., "Successes and Limitations of Molecular Biology", *Journal Theory Biology*, Vol. 132, 1988, p. 253.
- ² Lehninger, A. L., "Principles of Biochemistry", Worth, New York, 1982.
- ³ Thorpe, W. H., "Reductionism in Biology", *Studies in the Philosophy of Biology* (F.J. Ayala, T. Dobzhansky, eds.), MacMillan, London, 1974.
- ⁴ Beckner, M., "Reduction, Hierarchies and Organicism", *Ibid.*, p. 163.
- ⁵ Popper, K.R., "Scientific Reduction and the Essential Incompleteness of All Science", *Ibid.*, p. 259.
- ⁶ Maddox, J., "Finding wood among the trees", *Nature*, Vol. 333, 1988, p. 11.
- ⁷ Rubin, H., "Molecular biology running into a cul-de-sac?", *Ibid.*, Vol. 335, 1988, p. 121.
- ⁸ Rose, S., "Reflections on reductionism", *Trends Biochemical Science*, Vol. 13, 1988, p. 160.
- ⁹ Morris, C., *Sings: Language and Behavior*, New York, Prentice Hall, 1946.
- ¹⁰ Eco, U., *Einführung in die Semiotik*, Fink, 1988.
- ¹¹ Eco, U., *A Theory of Semiotic*, Bloomington, Indiana University Press, 1976.
- ¹² Peirce, C.S., *Collected papers*, Vol. 5, Harvard University Press, Cambridge, 1934, p. 302.
- ¹³ Bleicken, S., "Welches sind die existentiellen Grundlagen lebender Systeme?", *Naturwissenschaften*, Vol. 77, 1990, p. 277.
- ¹⁴ Albrecht-Buehler, G., "In Defence of 'Nonmolecular' Cell Biology", *International Review Cytol.*, Vol. 120, 1990, p. 191.
- ¹⁵ Uexküll, T. V., "Possible contribution of biosemiotics to the problem of communications among lymphocytes", *The Semiotics of Cellular Communication in the Immune System*, (E. E. Sercarz, F. Celada, N.A. Mitchison, T. Tada, eds.), Berlin, Springer, 1988, p. 25.
- ¹⁶ Anderson, M., Deely, J., Krampen, M., Randsdell, J., Sebeok, T.A., Uexküll, T.V., "A semiotic perspective on the sciences: steps toward a new paradigm", *Semiotica*, Vol. 52, 1984, p. 7.
- ¹⁷ Wiener, N., "Kybernetik", Düsseldorf, Econ, 1963.
- ¹⁸ Baer, E., "The Medical Symptom" *Frontiers in Semiotics*, (J. Deely, B. Williams, F.E. Kruse, eds.) Bloomington, Indiana, 1986, p. 140.
- ¹⁹ Krampen, M., "Phytosemiotics", *Ibid.*, p. 83.
- ²⁰ Deely, J., "On the Notion of Phytosemiotics", *Ibid.*, p. 96.
- ²¹ Sebeok, T.A., "The Sign and its Masters", London, Austin, 1978.
- ²² Sercarz, E. E., Celada, F. Mitchison, N.A. Tada, T. (eds.), *The Semiotics of Cellular Communication in the Immune System*, Berlin, Springer, 1988.
- ²³ Sebeok, T.A. (ed.), *Encyclopedic Dictionary of Semiotics*, Berlin-New York, Mouton-de Gruyter, 1986.
- ²⁴ Eco, U., "On Semiotics and Immunology", *The Semiotics of Cellular Communication in the Immune System*, (E.E. Sercarz, F. Celada, N.A. Mitchison, T. Tada, eds.), Berlin, Springer, 1988.
- ²⁵ Jerne, N.K., "The generative grammar of the immune system", *Bioscience Rep.* Vol. 5, 1985, p. 439.
- ²⁶ Chomsky, N., "Current Issues in Linguistic Theory", *The Hague*, Mouton, 1964.
- ²⁷ Coutinho, A., Forni, L., Holmberg, D., Ivars, F., Vaz, N., "From an Antigen-Centered, Clonal Perspective of Immune Responses to an Organism-Centered Network Perspective of Autonomous Activity in a Self-Referential Immune System", *Immunology Review*, Vol. 79, 1984, p. 151.
- ²⁸ Scott, J.P., "Observation", *Animal Communication* (T.A. Sebeok, ed.), Bloomington, Indiana University Press, 1968.
- ²⁹ Prodi, G., "Signs and codes in immunology", *The Semiotics of Cellular Communication in the Immune System*, (E.E. Sercarz, F. Celada, N.A. Mitchison, T. Tada, eds.), Berlin, Springer, 1988.
- ³⁰ Sebeok, T.A., "Perspectives in Zoosemiotics", *The Hague*, Mouton, 1972.
- ³¹ Florkin, M., "Concepts of molecular biosemiotics and of molecular evolution", *Comprehensive Biochemistry*, Vol. 29A, (M. Florkin, E.H. Stoltz, eds.), Amsterdam, Elsevier, 1974, p. 1.
- ³² Sebeok, T.A. (ed.), *Animal Communication*, Bloomington, Indiana University Press, 1968.
- ³³ Sebeok, T.A., "The Notion of Zoosemiotics", *Frontiers in Semiotics*, (J. Deely, B. Williams, F.E. Kruse, eds.) Bloomington, Indiana University Press, 1986, p. 74.
- ³⁴ T.A., "Talking with Animals": Zoosemiotics Explained, *Ibid.*, p. 76.
- ³⁵ Law, J.H., Regnier, F.E., "Pheromones", *Annual Review Biochem.* Vol. 40, 1971, p. 533.
- ³⁶ Nordlund, D.A., Jones, R.L., Lewis, W.J. (eds.), *Semiochemicals*, New York, Wiley, 1981.
- ³⁷ Lugtenberg, B.J.J. (ed.), *Signal Molecules in Plants and Plant-Microbe Interactions*, Berlin, Springer, 1989.
- ³⁸ Tembrock, G., "Biokommunikation: Informationsst-

bertragung im biologischen Bereich". Berlin. Akademie Verlag, 1971.

³⁹ Russert-Kraemer, L. "Prologue: The Necessity of the Organism", *American Zoology*, Vol. 29, 1989, p. 1057.

⁴⁰ Wake, D.B., Roth, G. (eds.) "Complex Organismal Functions: Integration and Evolution in Vertebrates", Report of the Dahlem Workshop, Berlin 1988, New York: Wiley, 1989.

⁴¹ "Is the Organism Necessary?", Symposium presented at the Annual Meeting of the American Society of Zoologists, New Orleans. 1978. *American Zoology*, Vol. 29, 1989, p. 1057.

⁴² Ehrenfeld, D., "Why put a Value on Biodiversity?", *Biodiversity* (E.O. Wilson, ed.) Washington: National Academy Press, 1988, p. 213.

⁴³ Ehrenfeld, D., "Thirty million cheers for diversity", *New Scientist*, 12 June 1986, p. 38.

⁴⁴ Wilson, E.O., "The coming pluralization of biology and the stewardship of systematics", *BioScience*, Vol. 39, 1989, p. 242.

⁴⁵ Wilson, E.O. (ed.), *Biodiversity*, Washington, National Academy Press, 1988.

⁴⁶ Wilson, E.O., "Time to Revive Systematics", *Science*, Vol. 230, 1985, p. 1227.

⁴⁷ Eder, J., Rembold, H. (eds.), *Chemistry and Biology of Social Insects*, München: Peperny, 1987.

⁴⁸ Blum, M.S., Fales, H.M., "Eclectic chemisociality of the honeybee: a wealth of behaviors, pheromones, and exocrine glands", *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 14, 1988, p. 2099.

⁴⁹ Wilson, E.O., Hölldobler, B., "Dense hierarchies and mass communications as the basis of organization in ant colonies", *Trends Ecology Evolution*, Vol. 3, 1988, p. 65.

⁵⁰ Wenner, A.M., "Honey bees", *Animal Communication*, (T.A. Sebeok, ed.), Bloomington, Indiana University Press, 1968, p. 217.

⁵¹ Rembold, H., "Caste Differentiation of the Honey Bee", *Chemistry and Biology of Social Insects* (J. Eder, H. Rembold, eds.), München, Peperny, 1987, p. 3.



⁵² Rembold, H., Weigner, Ch., "Chemical composition of chickpea, *Cicer arietinum*, exudate", *Z. Naturforsch.* Vol. 45c, 1990, p. 922.

⁵³ Rembold, H., "Behavioural chemicals in insect-plant interactions", *Dynamics of Insect-Plant Interactions*, (T.N., Ananthakrishnan, A. Raman, eds.), Oxford & IBH Publication Company, New Delhi, 1988, p. 71.

⁵⁴ Rembold, H., "Azadirachtins, their structure and mode of action", *Insecticides of plant origin*, (J.T. Arnason, B.J.R. Philogene, P. Morand, eds.) *ACS Symp. Ser.* Vol. 387, 150, 1989, p. 150.

⁵⁵ Rembold, H., García, E.S., "Azadirachtin inhibits *Trypanosoma cruzi* infection of its triatomine host. *Rhodnius prolixus*", *Naturwissenschaften*, Vol.76, 1989, p. 77.

⁵⁶ Goldbeter, A. (ed.) *Cell to Cell Signalling*, Academic Press, London, 1989.

⁵⁷ Crutchfield, J.P., Farmer, J.D., Packard, N.H., Shaw, R.S., "Chaos", *Scientific American*, Vol. 225, 1986, p. 38.

⁵⁸ Mandelbrot, B.B., *The fractal geometry of nature*, Freeman, New York, 1983.

⁵⁹ Percival, J., "Chaos: a science for the real world", *New Scientist*, 21 October 1989, p. 42.

⁶⁰ May, R., *The chaotic rhythms of life*, *New Scientist*, 18 November 1989, p. 37.

⁶¹ Freeman, W.J., "The physiology of perception", *Scientific American*, Vol. 264 (2), 1991, p. 34.

⁶² West, B.J., Goldberger, A.L., "Physiology in Fractal Dimensions" *American Scientific*, Vol. 75, 1987.

⁶³ May, R.M., "When two and two do not make four: nonlinear phenomena in ecology", *Proc. Real Society Lond. B.*, Vol. 228, 1986, p. 241.

⁶⁴ Hess, B., "Oscillating reactions", *Trends Biochemical Science*, Vol. 2, 1977, p. 193.

⁶⁵ Hess, B., Markus, M., "Order and chaos in biochemistry", *Ibid.* Vol. 12, 1987, p. 45.

⁶⁶ Haken, H., "Synergetik. Selbstorganisationsvorgänge in der Physik, Chemie und Biologie", *Naturwissenschaften Rdsch.* Vol. 38, 1985, p. 171.

⁶⁷ Prigogine, I., "Vom Sein zum Werden. Zeit und Komplexität", *Naturwissenschaften*, München, Piper 1979. Prigogine, I., Stengers, J., "Order out of chaos: man's new dialogue with nature", New York, Bantam, 1984.

⁶⁸ Mayr, E., *Toward a new philosophy of biology*, Harvard University Press, Cambridge, 1988.

⁶⁹ Mayr, E., *Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt*, Berlin, Springer, 1984.

⁷⁰ Sattler, R., *Biophilosophy. Analytic and Holistic Perspectives*, Berlin, Springer, 1986.

Alrededor de una vieja polémica: algunos comentarios en torno al *Matlazahuatl*

Miguel Ángel Cuenya Mateos
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
Universidad Autónoma de Puebla

Entre las enfermedades que afectaron a las sociedades del pasado, y cuyo mayor número de descripciones conocemos, están aquellas que causaron verdaderas catástrofes demográficas, como la peste europea de los siglos XIV-XV, y el colapso de la población indígena americana acaecida en el siglo XVI. Estas crisis de mortalidad afectaron profundamente la estructura demográfica, así como la actividad económica, social y cultural de pueblos, ciudades, regiones y reinos, estableciendo verdaderos cortes en la historia de esas sociedades.

A partir de la conquista, encontramos que la mayoría de las crónicas relatan y describen los efectos de terribles *cocoliztlis* —que significaba enfermedad o pestilencia— que cegaron la vida de millones de indígenas. Uno de los *cocoliztlis* más mortíferos entre las patologías coloniales fue el *matlazahuatl*.

El término *matlazahuatl*, vocablo náhuatl, expresaba los signos externos más visibles de la enfermedad. Nicolás León señala que significa “*matlatl*, red; *zahuatl*, sarna, erupción, granos, etcétera. Erupción como red o en forma de red (*matlazahuatl*)”.¹

Alrededor del carácter de esta enfermedad se generó una larga discusión académica que perdura hasta nuestros días. El origen de la polémica parte de la confusión existente sobre las palabras peste y *cocoliztli*, que son términos generales para la noción de enfermedad.² Sobre el punto en que todos los investigadores coinciden y que los historiadores contemporáneos demostraron, es que el *matlazahuatl* ocasionó verdaderas catástrofes demográficas a lo largo y ancho del territorio novohispano, entre las que se encuentran las pande-

mias de 1545-48, 1576-79, 1615-16, 1641-43, 1696, 1736-38 y 1772-73; pero no sucede lo mismo al intentar caracterizar la enfermedad.

La enfermedad, que en el siglo XVI fue conocida con el término genérico de *cocoliztli*, tuvo tantos nombres como síntomas externos presentó; se denominó también *matlazahuatl*, vocablo que terminó por designar el mal durante los siglos XVII y XVIII. La gravedad de la dolencia y los estragos que ocasionó, llevó a diversos médicos a estudiarla y establecer la terapéutica que consideraban indispensable para salvar de una muerte segura al enfermo. Durante la gran pandemia de 1576, el médico español Francisco Hernández, protomédico de las Indias, realiza una interesante e ilustrativa descripción de la misma:

...las fiebres eran contagiosas, abrazadoras y continuas, más todas pestilentes y, en gran parte letales. La lengua seca y negra. Sed intensa, orinas de color verde marino, verde (vegetal) y negro, más de cuando en cuando pasando de la coloración verdosa a la pálida. Pulsos frecuentes y rápidos, más pequeños y débiles; de vez en cuando hasta nulos. Los ojos y todo el cuerpo amarillos. Segura delirio y convulsión, postemas detrás de una o ambas orejas, y tumor duro y doloroso, dolor de corazón, pecho y vientre, temblor y gran angustia y disenterías; la sangre que salía al cortar una vena, era de color verde o muy pálido, seca y sin ninguna serocidad. Algunas gangrenas y escéfalos invadían los labios, las partes pudendas y otras regiones del cuerpo con miembros putrefactos, y les manaba sangre de los oídos; a muchos en verdad fluía la sangre de la nariz, de los que recalán casi ninguno se salvaba. Con el flujo de la sangre de la nariz muchos se salvaban, los demás perecían. Los atacados de disentería en su mayor parte ordinariamente se salva-

ban, ni los abscesos detrás de la oreja eran mortales, si en modo alguno retrocediesen, sino que espontáneamente maduraban, o daba la salida con los cauterios por los agujeros, aun en los abscesos inmaduros fluyere la parte líquida de la sangre, o se eliminara el pus, tras de lo cual quedaria también eliminada la causa de la enfermedad.³

Ésta se complementa con la del médico Alonso López de Hinojosa, que al igual que en el caso anterior, fue testigo presencial del *cocoliztli* de 1576:

...los enfermos tenían excesiva sed. Nunca se hartaban de agua, porque era tanto el calor del veneno que en el estómago y corazón tenían, que les subían aquellos humos al cerebro, que a dos días se tornaban locos...Se paraban los heridos de este mal muy amarillos y atiriciados. La orina que hechaban los enfermos era muy retinta, como vino bloque y ...muy gruesa y espesa. Los que orinaban mucho eran los que vivían....⁴

Ahora bien, ¿el *matlazahuatl* presentó una sintomatología diferente en el siglo XVIII? El presbítero Cayetano Cabrera y Quintero, en su monumental obra, transcribe las observaciones realizadas por el médico Joseph de Escobar y Morales sobre el terrible *matlazahuatl* que afectó la Nueva España entre 1736 y 1739; de ellas seleccionamos las siguientes:

"I. Todos generalmente dicen acontecerles un continuado y universal frío, que sienten en todo el cuerpo, con grave incendio en todas las entrañas: lo explican diciendo tener un volcan de fuego en el estómago, intestinos graciales, y todo lo restante de la cavidad natural, declarando al mismo tiempo grande estorvo, dolor, ansiedad, fatiga, ardor, y compression de la cavidad vital y región del corazón, con vehemente dolor de cabeza y dolor de ojos intenso...



II. A muchísimos ha sobrevenido flujo de sangre por las narices, tan quantioso e impertinente en su duración, que uno y dos días enteros la estaban hechando...

IV. Las parótidas que sobrevienen a muchísimos (aunque a ninguno han quitado la vida) atormentándolos los desvelan solamente; porque aquella cantidad de humor, que con su tumultuosa e inordinada circulación llegó al cerebro arrojada de los emuntorios de este, y por su crasitud y cantidad inevacuable por transpiración, se han terminado por supuración...

V. Terminase este accidente en muchísimos de los que de él se libertan por un dolor intenso, y ardor sensibilísimo en todos los artículos...

VI. A muchos sobreviene ictericia tan intensa, que causa admiración la amarillez de sus cuerpos; de los que viven pocos sino se socorren muy en tiempo...

VII. A algunos, o muy pocos o les comienza con la enfermedad, o al tercero o cuarto día de ella un delirio o demencia tan intensa, que con mucha diligencia de los asistentes, y aun usando el aspero medio de ataduras y de zepos no se sosiegan...

VIII. Libres ya de la enfermedad, aunque no purgados, y aun uno u otro, por algún motivo especial, ya purgados, recaen casi con generalidad una, dos y tres veces...⁵

Todos los autores remarcan las características más sobresalientes de la enfermedad: fiebre muy elevada, flujo de sangre por nariz, boca y oídos, intenso dolor de estómago y disenteria. "Se trató de una enfermedad grave, con sintomatología bastante precisa y que afectaba a todo el organismo, la cual presentaba a veces formas abortivas caracterizadas por localizarse principalmente en forma de bubones retroarticulares e inguinales".⁶

Ahora bien, ¿de qué enfermedad se trataba? Éste ha sido el gran problema al que se han enfrentado historiado-

res y médicos al tratar de identificar y precisar la dolencia partiendo de las descripciones existentes del cuadro clínico, con las variantes que presentó el *matlazahuatl* a lo largo de casi cuatro siglos. Se han elaborado varias hipótesis que la identificaron con diversas enfermedades. Se planteó la posibilidad de espiroquitosis icterohemorrágica,⁷ fiebre amarilla urbana,⁸ hepatitis epidémica⁹ o, tifo exantemático.¹⁰

A comienzos de nuestro siglo el doctor Nicolás León intentó desentrañar la mortal enfermedad; sus investigaciones arribaron a la siguiente conclusión: el vocablo *matlazahuatl* utilizado “como sinónimo de tabardete, tabardillo, causón, fiebre peteual, fiebre pútrida” corresponde al *typhus exantematicus*.¹¹ En esta misma línea se encuentran Fernando Ocaranza¹² y Germán Somolinos D’Ardois.¹³ Paralelamente, investigadores extranjeros como Percy Moreau Ashburn coinciden también con las apreciaciones realizadas por epidemiólogos mexicanos; el autor es muy claro cuando expresa: “no tengo ninguna duda de que el tifus fue traído al Nuevo Mundo por los blancos y su séquito de ratas”.¹⁴

La mayoría de los investigadores que han tratado el tema coinciden en identificar el *matlazahuatl* con el tifo exantemático, pero ¿no podría haberse tratado de peste?¹⁵ Varios interrogantes nos surgen sobre el particular: si la llegada de los castellanos a tierras americanas significó la imposición de una nueva patología biosocial, ¿por qué no fue tomada en consideración la peste?¹⁶

Pensamos que el problema central radica en que muchas enfermedades son difíciles de identificar, en la medida en que éstas deben ubicarse en un contexto histórico-biológico que se encuentra en permanente cambio a través del tiempo. La peste —como otras enfermedades— puede presentar variaciones debido a la mutación del propio agente, y a la capacidad evolutiva del complejo patógeno en que se inscribe.

Ahora bien, debemos tener presente también que la peste podía presentarse en diversas formas (bubónica, septicémica o hemorrágica), y que la población aborígen americana —sin ningún tipo de defensa inmunológica ante un bacilo totalmente desconocido— podría haber reaccionado de manera atípica. En este sentido, los médicos españoles

del siglo xvi, que conocían perfectamente la peste y sus diferentes manifestaciones, si bien se encontraron con una sintomatología diferente a la europea, no necesitaron realizar una referencia explícita sobre la identidad de una enfermedad conocida por sus contemporáneos, de allí que utilizaran de manera indistinta los términos españoles “peste” y “pestilencia”, o los indígenas *cocoliztli* y *matlazahuatl*. El presbítero Cayetano Cabrera y Quintero, que escribe a finales de la década de 1730, no realiza en ningún momento una diferenciación; es más, establece una correlación entre las pandemias de peste que asolaron el mundo antiguo y el *cocoliztli* o *matlazahuatl* de 1576 y 1737.¹⁷ A lo largo de toda la obra, emplea como sinónimos las palabras peste, pestilencia, *cocoliztli* y *matlazahuatl*, otorgándole —por lo tanto— al vocablo *matlazahuatl* la acepción europea de peste que se tenía en la época.¹⁸

Consideramos pertinente también observar los cuadros que presentó la enfermedad en otros espacios geográficos. Si se realiza un análisis comparativo con el cuadro manifestado por la peste en Brasil durante la pandemia de 1902, hecha por un médico del siglo xx, encontramos una gran coincidencia sintomatológica con el *matlazahuatl* novohispano.

La enfermedad suele presentarse bruscamente, sintiéndose el atacado presa de un gran malestar desde el primer momento, sin embargo, en algunos casos preceden al ataque formal escalofríos, náuseas, dolor de cabeza más o menos intenso seguido de dolor de cabeza agudísimo, inyección de los ojos, cuya pupila se dilata, poniéndose en cambio el rostro pálido y sobreviniendo un estado de depresión considerable... se sigue bien pronto la fiebre, casi siempre... intensísima... y que va acompañada de una sensación de ardor incomparable, localizado sobre todo el vientre, acompañado de una sed terrible, que lanza a los que no están vigilados a los mayores excesos para calmar el fuego que los devora... Puede ocurrir que la hinchazón de los ganglios linfáticos (bubones) preceda durante algunos días la misma fiebre... presentándose en el cuello, en las axilas, espalda, miembros, vientre, ingles, etc... poniéndose muy doloros al tacto.

En vez de los bubones, se presentan a veces pústulas o carbuncos de color azulado, verdoso oscuro o negro... ya hemos dicho que la fiebre adquie-

re gran elevación, y que el pulso se hace frecuente y pequeño: suelen aparecer vómitos biliosos y diarrea fétida, el vientre se abulta y no son raras las hemorragias por diferentes conductos, como la nariz, por la orina, por el recto, etc... La terminación funesta se verifica al quinto día por regla general.¹⁹

¿Peste, tifo exantemático, espiroquitosis icterohemorrágica, fiebre amarilla urbana o hepatitis? En el estado actual de nuestros conocimientos se torna muy difícil poder desentrañar con precisión el tipo de enfermedad del que se trataba; empero, por las características que la misma presentó a lo largo del periodo colonial, por el estudio de un caso que hemos realizado sobre el *matlazahuatl* en el siglo xviii²⁰ consideramos que esta enfermedad debió corresponder a la peste.

Notas

¹León, N., "¿Qué era el *matlazahuatl* y qué el *cocoliztli* en los tiempos precolombinos y en la época hispana?", en: Enrique Florescano y Elsa Malvido (Coord.) *Ensayos sobre historia de las epidemias en México*, Instituto Mexicano del Seguro Social, Tomo I, México, 1982, pp. 383-384. Por su parte el presbítero Cayetano Cabrera Quintero, quien realizó por encargo del Virrey-arzobispo de la Nueva España un pormenorizado estudio de la pandemia de *matlazahuatl* de 1736/38 en la ciudad de México, comenta que el pueblo la llamó "en el idioma del país: *Matlazahuatl*, voz compuesta de *mallatl*, la red, y por lo parecido al redaño, y de *zahuatl*, la pústula o granos, con que sin ver lo que decían la ventan a llamar granos en el redaño, o red de granos", Cayetano de Cabrera y Quintero, *Escudo de Armas de México, Escrito por el presbítero Cayetano... para conmemorar el final de la funesta epidemia de matlazahuatl que asoló a la Nueva España entre 1736 y 1738*, México (1746), Instituto Mexicano del Seguro Social, edición facsimilar, 1981, pp. 59-60.

²Con el término genérico de *cocoliztli* se hacía referencia a diversas "enfermedades o pestilencias". Éstas fueron "observadas, estudiadas y clasificadas por los médicos indígenas, quienes captaron y destacaron las peculiaridades de cada una de ellas, empleando la estructura polisintética de la lengua náhuatl, para expresarlas. Llamaron *hueyzahuatl* a la viruela, *tepitonzahuatl* al sarampión, *quechopotzahuatliztli* a las paperas, *tlatlaciztli* o tos chichimeca a la tos ferina", etcétera. Malvido y Viesca, "La epidemia de *cocoliztli* de 1576", en *Histo-*

rias, Instituto Nacional de Antropología e Historia. Año I, No. 11, México, 1985, p. 27.

³Hernández, F., citado por Somolinos D'Ardois, "Las epidemias en México en el siglo xvi", en: Enrique Florescano y Elsa Malvido (Coords.), *Ensayos sobre historia de las epidemias en México*, Instituto Mexicano del Seguro Social, I, México, 1982, pp. 374-375.

⁴López de Hinojosa, A., "Suma y recopilación de cirugía con un arte para sangrar muy útil y provechosa (1578)", Academia Nacional de Medicina, México, 1977, p. 210.

⁵De Escobar y Morales, J., citado por Cabrera y Quintero, *Op. Cit.*, pp. 38-39.

⁶Malvido, E. y Viesca, C., *Op. Cit.*, p. 85.

⁷Somolinos D'Ardois, *Op. Cit.*, p. 374.

⁸Álvarez Amézquita, J., *Historia de la salubridad y la asistencia en México*, I, 1954, p. 11.

⁹Malvido, E., "Factores de despoblación y de reposición de la población de Cholula (1641-1810)". en: Elsa Malvido y Miguel Ángel Cuenya (Comps.) *Demografía histórica de México: siglos XVI-XIX*, Instituto Mora-UAMI, México, 1993, p. 90. *Historia Mexicana*, Primera edición, 23 (1), México, 1973, pp. 52-110.

¹⁰León, N., *Op. Cit.*, p. 391. En el siglo xix, varios médicos estudiaron la sintomatología de las extrañas fiebres que recurrentemente afectaban el territorio nacional. Entre los estudios realizados, son de destacar los trabajos del Dr. Anacleto Rodríguez Argüello (*Tratado de Fiebre epidémica o endémica, resistente, pútrida, petequial y contagiosa, observada en esta capital...*, México, 1811), la del Dr. Luis Montaña (*Avisos importantes sobre el Matlazahuatl, o calentura epidémica manchada. Que pasa a ser Peste y que es frecuente en esta Nueva España...* 1817), y la del Dr. Miguel Francisco Jiménez.

¹¹León, N., *Op. Cit.*, I, p. 391.

¹²El autor al estudiar las grandes epidemias del siglo xvi, opina que "es muy probable que la epidemia de 1576 haya sido de tifo exantemático... los datos que corresponden al siglo xvi no dan lugar a conjetura alguna sobre la posibilidad de epidemias de tipo exantemático, sino hasta el último tercio del propio siglo; más, por otra parte, los propios datos convencen de que la palabra *matlazahuatl* no pudo aplicarse al sarampión ni a la viruela". Fernando Ocaranza, "Las grandes epidemias del siglo xvi en la Nueva España", en: Enrique Flores-

cano y Elsa Malvido. (Coords.) *Op. Cit.*, pp. 202-203.

¹¹El Dr. Somolinos D'Ardois en un trabajo realizado en 1961, señaló que el "*matlazahuatl*, nombre indígena para designar el tabardete o tabardillo pintado de los españoles, o sea nuestro actual *tifus exantemático*": Somolinos D'Ardois, *Op. Cit.*, p. 206.

¹⁴Moreau Ashburn, P., *Las huestes de la muerte: una historia médica de la conquista de América*, Instituto Mexicano del Seguro Social, México, 1981, p. 233.

¹⁵La *Pausterella Pestis* es causada por un bacilo descubierto por Yersin en 1894. Se conocen tres variedades: la *Pausterella Pestis Antiqua*, la *Pausterella Pestis Medievalis* que se localiza en Asia Central y a la que se considera la causante de las pestes europeas de los siglos XIV-XVII, y la *Pausterella Pestis Orientalis*. La expansión de la peste, su retraimiento o sobrevivencia del bacilo en estado latente, se establecía a partir de una compleja relación entre rata, pulga, bacilo y hombre.

El vector del bacilo de Yersin, una pulga de la rata, la *Xenopsylla cheopis*, en ausencia de su huésped natural la rata (*rattus rattus*) podía seleccionar como sustituto al hombre, al que trasmite el bacilo por picadura, en la medida en que su tubo digestivo cargado de microorganismos funge como un verdadero caldo de cultivo. A partir de esos momentos, la pulga del hombre *pulex irritans* y el piojo pueden transmitir, de hombre a hombre, la enfermedad y generar una afección epidémica.

Existen ciertas condiciones ambientales específicas para el desarrollo de la peste. La pulga de la rata *Xenopsylla cheopis* necesita para poder sobrevivir y reproducirse una temperatura media de 15 a 20 grados centígrados y una humedad ambiental mínima del setenta por ciento, de allí que su actividad haya sido muy escasa en invierno. De esta manera, ratas, pulgas, piojos y hombres, crean un ecosistema que irá retroalimentándose. Cf. J. Ruffie, y J.C. Sournia, *Les épidémies dans l'histoire de l'homme*, Paris, Flammarion, 1984, pp. 81-88.

¹⁶Sobre la sintomatología de la peste que afectó a Europa entre los siglos XIV-XVIII, existen diversas crónicas. Hemos seleccionado la descripción realizada por Guy de Chauliac, vecino de la Provenza francesa, quien observó en el fatídico año de 1348 el arribo de la mortífera enfermedad: "La gran mortalidad comenzó entre nosotros en el mes de enero (1348), y duró por espacio de siete meses. Fue de dos tipos: la primera duró dos meses; con fiebre continua y esputo de sangre; y uno moría en dos o tres días. La segunda fue todo el resto del tiempo, también con fiebre continua y apostemas y car-

bunclos en las partes extremas, principalmente en las axilas y las ingles; y uno moría en cinco días. Fue tan grande el contagio (especialmente el que era con esputo de sangre) que no solamente residiendo sino también mirando, uno lo cogía del otro". Citado por Le Roy Ladurie, 1989, p. 43.

¹⁷"Con médica no menos que poética energía introdujo a Apolo el grande Homero hiriendo de peste los exércitos de los griegos... Y assi halló este enemigo en las tablas de las historias. En la horrible peste, que por el año de quinientos noventa y quatro al veinte y ocho del emperador Justiniano, prendiendo por el oeste abrasó casi todo el orbe, llevándose la tercera parte de los hombres; y de que solo en Constantinopla morían cinco mil cada día... Pero en la que mostró Dios más claro que peleaba fue en la que por el año de 590 corrió a la par del Tiber en Roma; llevóse entre millares de vecinos al SS. Papa Pelagio... No fue tanta la barbaridad de nuestros antiguos mexicanos, que no les dejase algún acumen para penetrar esta verdad. Aquella dolencia que en la era presente y la antigua, los ha contagiado tantas veces, llamaron con nativa elegancia cocoliztli... [declarando Dios] la mayor pestilencia que han padecido después de la conquista estos Reynos: en la que se lloró por el año de 1576", Cayetano de Cabrera y Quintero, *Op. Cit.*, pp. 3-4.

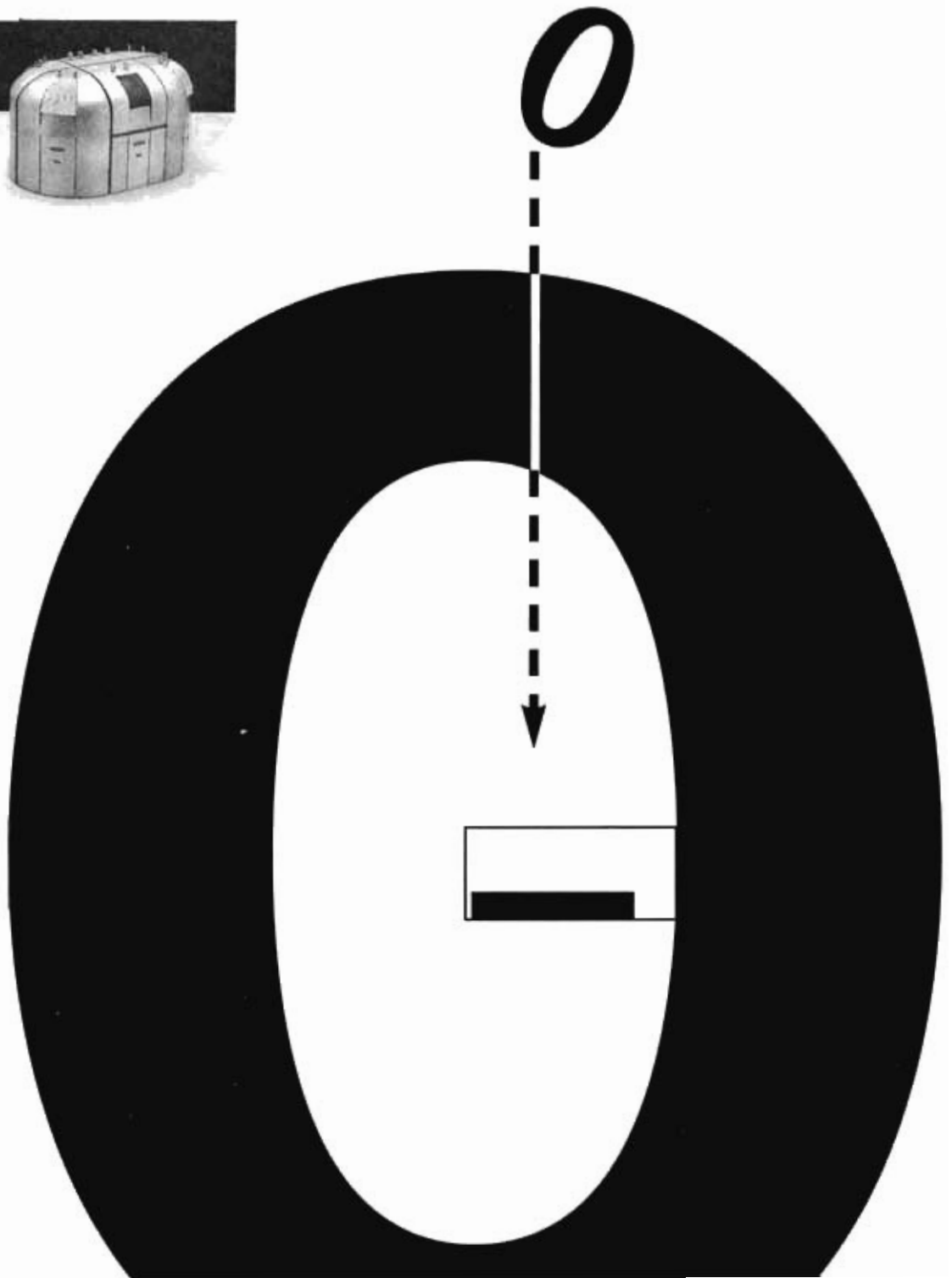
¹⁸Peste: "enfermedad contagiosa, ordinariamente mortal, y que causa muchos estragos en la vida de los hombres y de los brutos. Ocasiónase por lo común de la infección del aire, y suelen ser la señal de ella unos bultos que llaman bubones u landres. Es del latino *pestis*... Las pestes y calamidades públicas son efecto de la ira de Dios".

Pestilencia: "Lo mismo que peste". Diccionario de la Lengua Castellana, III, Madrid, 1737, p. 245

¹⁹Castro y Mediano, 1902, citado por Malvido y Viesca. *Op. Cit.*, p. 33

²⁰Hemos realizado un estudio detenido sobre la gran pandemia de *matlazahuatl* que afectó a la ciudad de Puebla en 1737.





Ozono: ¿qué, para qué y por qué?

Apolonio Juárez Núñez

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
Universidad Autónoma de Puebla

La atmósfera es un sistema complejo en constante interacción con el espacio exterior y con la superficie terrestre, que protege la vida en la superficie de la radiación electromagnética de alta energía proveniente del Sol.¹ La radiación gamma, X y la mayor parte de la radiación ultravioleta (UV), son absorbidas por las capas superiores de la atmósfera. La Figura 1 muestra un esquema de lo anterior.

La atmósfera está compuesta por diferentes capas: la troposfera, la estratosfera, la mesosfera y la termosfera. En la Figura 2 se muestran esquemáticamente estas capas, así como la altura que tienen respecto a la superficie terrestre.

¿Qué es lo que origina este tipo de estratificación en la atmósfera? Lo origina el comportamiento de la temperatura, que es descendente desde la superficie de la Tierra hasta los límites de la troposfera (tropopausa). En la estratosfera este fenómeno se invierte: la temperatura nuevamente empieza a aumentar hasta el límite inferior de la mesosfera, como se esquematiza también en la Figura 2.

Dentro de la estratosfera, a una altura de entre 20 y 30 km, se encuentra la denominada “capa de ozono” terrestre. El hecho de que en la estratosfera aumente la temperatura, se debe a que ahí está situada la capa de ozono. Al respecto queremos mencionar un fenómeno que se suscita en la ciudad de México: todos hemos oído hablar que durante las épocas invernales tienen lugar las llamadas inversiones térmicas (el frío con grandes concentraciones de contaminantes queda atrapado por masas de aire caliente que impiden su dispersión).

De la Figura 2 se puede deducir que en todo el planeta existe una capa de inversión térmica debida al cambio de temperatura que se da en la tropopausa.

Esta capa de inversión térmica global terrestre impide que haya movimientos de masas de aire de la troposfera hacia la estratosfera. Sin embargo, existen otros procesos de difusión mecánicos llamados de “Eddie” que dan lugar a la presencia de moléculas más pesadas que el aire en las capas superiores de la estratosfera.

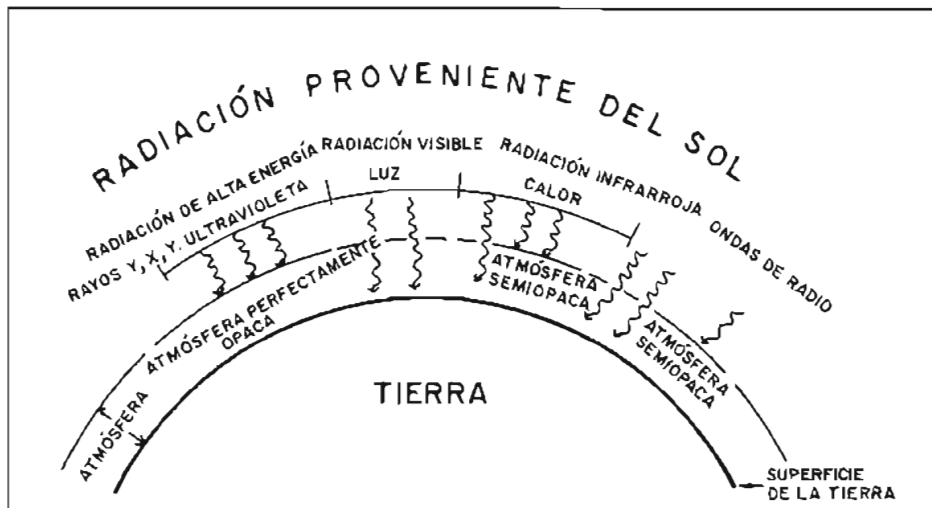


Figura 1

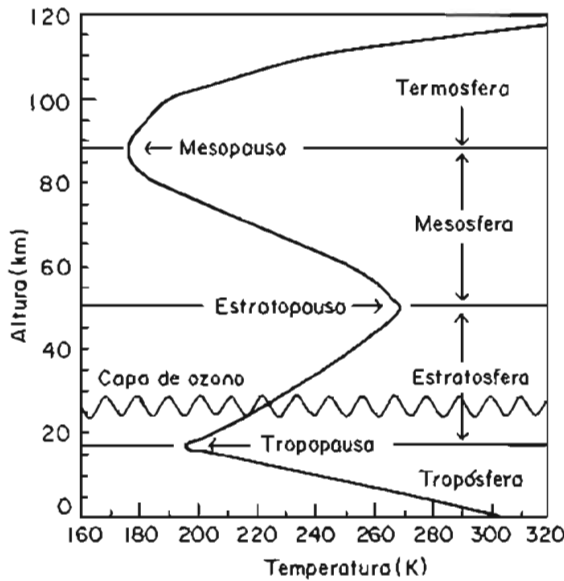


Figura 2

¿Qué es y para qué sirve el ozono?

El ozono (O_3) es una molécula compuesta por tres átomos de Oxígeno. El aire que respiramos normalmente contiene moléculas con dos átomos de Oxígeno (O_2).

En grandes concentraciones, la molécula de Oxígeno que respiramos es inodora e incolora, mientras que el ozono en grandes concentraciones presenta un olor picante y un color azuloso (éste

es uno de los mejores ejemplos de cómo con sólo agregar un átomo a una molécula se alteran sustancialmente las propiedades fisicoquímicas de la molécula inicial).

El ozono es una molécula inestable y muy reactiva.² En la estratosfera el tiempo de vida de esta molécula es del orden de días, mientras que en la troposfera, debido a las altas concentraciones de contaminantes atmosféricos, el tiempo de vida del ozono sólo alcanza segundos. Otra característica fundamental de la molécula de ozono, es su capacidad para absorber radiación ultravioleta en el rango de los 280 a los 320 nm (un nm –nanómetro– es la millonésima parte de un milímetro). La molécula de ozono también absorbe radiación en el espectro visible y en el infrarrojo pero en mucha menor medida que en el ultravioleta.³

El ozono existe de manera natural en la atmósfera en concentraciones muy pequeñas. A manera de ejemplo, en una muestra de aire constituida por diez millones de moléculas, sólo tres serían de ozono (0.0003%), siete millones ochocientos mil serían de Nitrógeno (un setenta y ocho por ciento) y aproximadamente dos millones cien mil de Oxígeno (veintiún por ciento). Como ya mencionamos, la mayor concentración de ozono

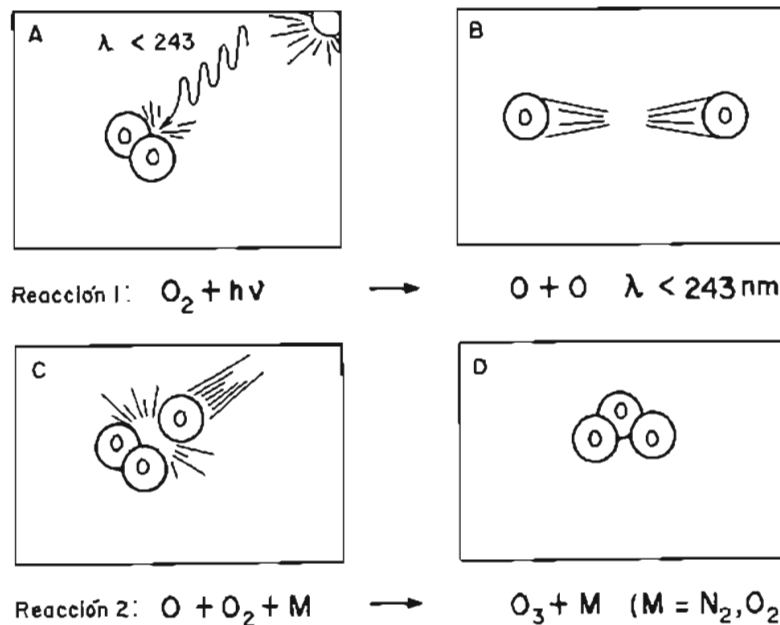


Figura 3. A) La radiación ultravioleta de alta energía interacciona con una molécula de Oxígeno. B) Esta interacción causa que la molécula se divida en dos átomos de Oxígeno libres. C) Los átomos libres colisionan con moléculas de Oxígeno. D) El resultado de todo el proceso es la formación de moléculas de ozono.

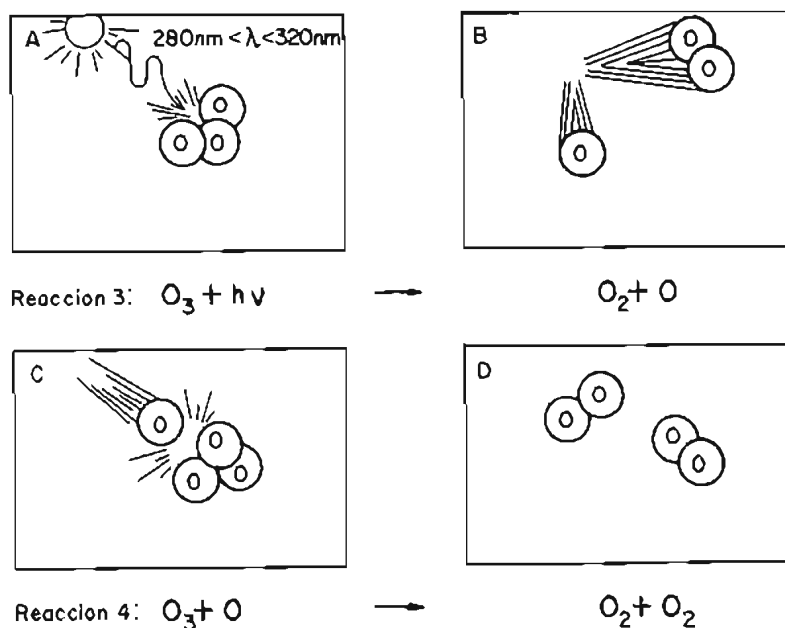


Figura 4. A) El ozono absorbe la radiación ultravioleta entre los 280 y 320 nm. B) La molécula se divide en un átomo y una molécula de Oxígeno. C) El átomo de Oxígeno libre puede entonces colisionar con una molécula de ozono. D) El resultado de tal colisión es la formación de dos moléculas de Oxígeno.

se encuentra en una franja situada entre los 20 y 30 km de altura sobre la superficie terrestre.

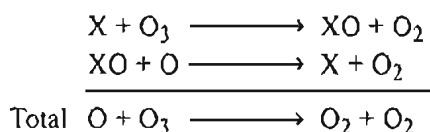
El hecho de que la mayor parte del ozono atmosférico se encuentra en esta franja, se debe a que es fundamentalmente aquí donde se produce por la acción de la radiación UV proveniente del Sol. La radiación UV (específicamente en la llamada región C del ultravioleta) tiene la energía suficiente para separar en dos átomos la molécula de Oxígeno. Esto se muestra gráficamente en la Figura 3.

Los átomos de Oxígeno resultantes interactúan con Oxígeno molecular, resultando finalmente la formación de ozono.

Una vez formadas las moléculas de ozono, éstas absorben radiación UV en la llamada región B del ultravioleta (entre los 280 y 320 nm). De esta forma se impide el paso de esta radiación hacia la superficie de la Tierra y se proporciona nuevamente el ambiente para volver a producir más ozono, como se muestra en la Figura 4.

De manera natural, el átomo de Oxígeno que resulta de la última reacción se combina con ozono para destruirlo, formándose dos moléculas de Oxígeno. Esto se ejemplifica en la reacción 4 de la Figura 3. Las cuatro reacciones anteriores fueron descritas en 1930 por Chapman.⁴

No obstante, la última reacción de Chapman es insuficiente para explicar las concentraciones existentes de ozono natural y sus cambios. Si no hubiera otros procesos de destrucción de ozono, el grosor natural de la capa sería del doble de lo que es ahora. En 1974, Molina y Rowland describieron procesos adicionales de destrucción de ozono mediante las siguientes reacciones:⁴



Donde X es un elemento que favorece reacciones de destrucción de ozono y puede ser un radical Hidrógeno (H), un radical hidroxilo (OH), un radical nitrato (NO), un radical Cloro (Cl) o un radical Bromo (Br). Estos autores (quienes en 1995 ganaron el Premio Nobel de Química por describir estos procesos) establecieron la importancia de estos ciclos, donde el elemento X queda intacto después de destruir ozono y puede iniciar nuevamente el ciclo de destrucción.

De esta forma, el ozono se produce fundamentalmente en la estratosfera, permaneciendo en su mayor parte allí. En la troposfera también se pro-

duce ozono aunque en menor medida que en la estratosfera. El proceso de producción de ozono a nivel de la superficie terrestre es posible debido a que allí existen compuestos químicos que favorecen reacciones para su formación. Esto ocurre principalmente en las grandes ciudades, donde las industrias y el tráfico vehicular (con el consumo de gasolinas oxigenadas), generan compuestos que facilitan reacciones de formación de ozono favoreciendo altos índices en su concentración, como ocurre en la ciudad de México.

¿Por qué es importante el ozono?

El surgimiento de la vida en el agua es una teoría que tiene soporte, entre otras razones, por el hecho de que hace miles de millones de años no existía la capa de ozono y la radiación ultravioleta alcanzaba la superficie de la Tierra. Así, el agua era la única protección para el desarrollo de la vida. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, los procesos fisicoquímicos descritos por Chapman dieron origen a la formación de esta capa, permitiendo el surgimiento de la vida en la superficie del planeta. En sus inicios, esta capa debió formarse casi a nivel de superficie para alcanzar hoy día la distribución y la altura que conocemos y que ya hemos descrito.

La existencia de la capa de ozono está regulada por una serie de procesos naturales, entre los que destacan la actividad solar, las emisiones orgánicas desde la superficie de la Tierra y las erupciones volcánicas.⁶ Éstos son factores que han existido durante miles de años. Una manera sim-

ple de entender el equilibrio del ozono en la estratosfera, es pensar en un cubo con agua que tiene un orificio en la parte inferior. Tanta agua es vaciada en el cubo como agua es derramada por el orificio, de tal forma que la cantidad de agua en el cubo es constante. Asimismo, tanto ozono está siendo creado como está siendo destruido. La cantidad total de ozono siempre es la misma.

Ozono estratosférico

En las últimas décadas los investigadores han encontrado evidencias de que las actividades del ser humano están rompiendo ese equilibrio dinámico del ozono, en detrimento de su concentración en la estratosfera.

La producción industrial de compuestos químicos que contienen cloro, como los clorofluorocarbonos (CFC's), ha incidido en la destrucción del ozono estratosférico. Los CFC's son compuestos hechos de Cloro, Flúor y Carbono, que unidos forman moléculas muy estables. Los CFC's no reaccionan con otros productos químicos a nivel de la atmósfera baja y, por tal razón, la utilidad industrial que se les ha dado es muy amplia. Los CFC's son usados en la industria electrónica para limpiar componentes, como refrigerantes y como propulsores de gases.

El uso extensivo que inicialmente se dio a los CFC's y su producción masiva, originó que después de varios años estas moléculas alcanzaran la estratosfera, más allá de la capa de ozono. Puesto que la capa de ozono protege a la superficie terrestre de la radiación ultravioleta de alta energía,

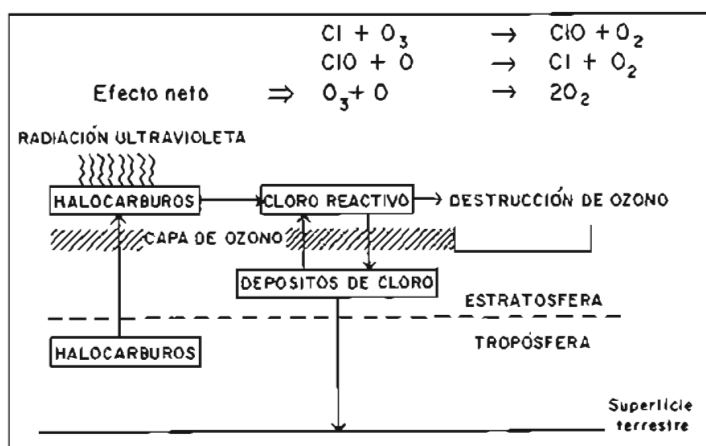


Figura 5

una vez que los CFC's sobrepasan esta capa, están expuestos a la radiación ultravioleta y sus componentes se fotodisocian, liberando Cloro reactivo. Los átomos libres de Cloro reaccionan con el ozono destruyéndolo. Cada átomo de Cloro liberado puede destruir alrededor de cien mil moléculas de ozono mediante las reacciones⁵ descritas en la Figura 5.

La distribución atmosférica de ozono depende de la altura, del tiempo y de la latitud. En regiones cercanas al Ecuador la concentración de ozono es menor que en las regiones cercanas a los Polos. A la latitud a la que se encuentra la ciudad de México (aproximadamente 19° Norte) se tienen concentraciones menores que a altas latitudes.

Las concentraciones de ozono se miden en Unidades Dobson (UD). Una Unidad Dobson es la altura de la columna de ozono expresada en centésimas de milímetro y puesta en condiciones normales de presión y temperatura (esto es, presión de una atmósfera y temperatura de cero grados centígrados). Para la ciudad de México la columna total de ozono tiene un valor de 280 UD, esto significa que esa columna se volvería de un espesor de 2.8 mm puesta en condiciones normales de presión y temperatura. Como otro ejemplo podemos considerar regiones donde existen concentraciones de 320 UD; en este caso toda esta columna de ozono puesta en condiciones normales de presión y temperatura tendría una altura de 3.2 mm.

Es necesario hacer un comentario más sobre la distribución latitudinal del ozono: puesto que el ozono se genera por la acción de la radiación solar y puesto que esta radiación incide en mayor cantidad en las regiones ecuatoriales, se esperaría que la concentración de ozono fuera mayor en estas regiones polares. Sin embargo, las corrientes estratosféricas redistribuyen el ozono generado a la latitud del Ecuador.

El estudio de las concentraciones anuales de ozono para diferentes lugares del planeta, situados en latitudes ecuatoriales y bajas, muestran que es difícil establecer tendencias, incluso considerando un periodo de tres décadas, debido al comportamiento irregular de las concentraciones en la columna de ozono en cada localidad.⁷

Mediciones de la última década, tomadas de

manera global, dan cuenta de una disminución promedio del orden del nueve por ciento.⁸

El "agujero" de ozono en la Antártida

En 1985, Farman encontró que en el Continente Antártico la columna total de ozono disminuía sensiblemente durante la primavera antártica.⁹ Esto generó un proceso de revisión de datos existentes tanto de superficie como de satélites en esa región, con lo que se corroboró que efectivamente durante la primavera antártica existía una disminución apreciable de la capa de ozono.

Según los datos disponibles, la capa de ozono en el Continente Antártico durante la primavera pasó de 325 UD, en la década de los sesenta, a menos de 100 UD en 1993.^{10,11}

En los últimos años han surgido diversas teorías para explicar la existencia del agujero de ozono en la Antártida y la disminución del ozono estratosférico en regiones de latitud media alta. Algunas de estas teorías dan cuenta de que las corrientes estratosféricas que nutren de ozono a los polos han cambiado, teniendo como resultado la disminución en las concentraciones de ozono en esos lugares. Sin embargo, la teoría más reciente y aceptada, establece que debido a las bajas temperaturas en esa región (hasta 90°C bajo cero en invierno) y por efecto de la fuerza de Coriolis, se origina un vórtice en el cual la temperatura baja aún más, condensando compuestos que favorecen las reacciones de destrucción de ozono. Al llegar la primavera antártica y con el calentamiento que se origina con los rayos del Sol, estos compuestos se liberan iniciando el proceso de destrucción de la capa de ozono durante los meses de septiembre, octubre y noviembre.¹²

En el Polo Norte, debido a la distribución que tienen los continentes, no se produce una circulación de vórtice. Por lo tanto la temperatura no baja tanto como en el Polo Sur y el efecto de pérdida de ozono no es tan pronunciado.

Ozono superficial

Recientemente reportamos la incidencia que tiene el ozono superficial de la ciudad de México en las mediciones de la columna total de ozono y en la

temperatura a esa latitud.¹³⁻¹⁴ Nuestros resultados indican que el ozono superficial, altera hasta en un diez por ciento los valores que corresponden a la columna total de ozono en la ciudad de México. El estudio del comportamiento temporal de la columna total de ozono de 1984 a 1989 para tres ciudades: México, Poona (India) y Mauna Loa (Hawaii), todas ellas situadas en la misma latitud, muestra que los valores para la columna total de ozono en la ciudad de México están incrementados con respecto de las otras dos.

Para explicar este incremento, consideramos los datos de ozono superficial existentes en la red automática de monitoreo ambiental para la ciudad de México, específicamente para la estación del Pedregal,¹⁵ situada muy cerca de donde se encuentra instalado el espectrofotómetro Dobson, que mide la columna total de ozono. El resultado de restar la contribución del ozono superficial que se produce en la ciudad de México a las mediciones del espectrofotómetro Dobson indica que, efectivamente, el exceso de ozono proviene del ozono superficial que se produce en la ciudad de México.

De lo anterior podemos concluir que la contribución del ozono superficial a la columna total de ozono en el área urbana de la ciudad de México es significativa y representa un diez por ciento de su valor total.¹³

Como describimos anteriormente, las fuentes de ozono troposférico son variadas. La sociedad industrial ha introducido una importante fuente antropogénica para producir ozono. Esta fuente proviene de la combustión de gasolinas oxigenadas y los componentes que ellas tienen, además de otras emisiones como son los óxidos de Nitrógeno.¹⁵

La incidencia que tienen altas concentraciones de ozono, comparadas con las que naturalmente existen a nivel de superficie, son negativas para la salud de los seres vivos y en especial para los seres humanos. Entre los efectos que sobre la salud tiene el ozono troposférico están: irritación ocular, producción de tos, dolor de cabeza y en los casos en que existen concentraciones extremas, fibrosis pulmonar.¹⁶

El problema de los altos índices en las concentraciones de ozono superficial, no son particu-

lares de la ciudad de México sino que se reproduce en otras ciudades del país y del planeta. En particular, la ciudad de Puebla presenta características similares a las de la ciudad de México que dan origen a las llamadas contingencias ambientales. Sin embargo, aquí no existe una red de monitoreo automática para obtener datos sistemáticos e información precisa sobre el nivel real de contaminación en el área urbana. Contamos con datos aislados de los cuales no se pueden obtener conclusiones precisas.

Es importante hacer énfasis en la necesidad de contar en Puebla con una red de monitoreo que mida concentraciones de óxidos de Nitrógeno, óxidos de Azufre, monóxido de Carbono, ozono y partículas suspendidas.

4. Discusión y conclusiones

Las llamadas "amenazas globales" han tenido un cambio significativo en las últimas décadas. En la década de los sesenta, dichas amenazas estuvieron representadas por el "invierno nuclear" como producto de una guerra (al respecto habría que decir que a pesar de los cambios geopolíticos de los últimos años, esta amenaza aún persiste) y por el rápido agotamiento de los recursos naturales. Hoy día, las amenazas globales son fundamentalmente: el cambio climático global, la disminución de la capa de ozono y la injusta distribución de la riqueza.¹⁷

En este trabajo abordamos el problema de la disminución en la capa de ozono. Si bien existe controversia respecto a las consecuencias que esta disminución podría tener sobre la vida en la superficie de la Tierra,¹⁸ los datos obtenidos indican que las concentraciones globales de ozono en la estratosfera están disminuyendo. El agujero estacional de ozono en la Antártida es un indicador dramático de lo que está ocurriendo. En la Figura 6 se muestran las tendencias calculadas para el ozono estratosférico durante la primavera a diferentes latitudes hasta el año 2030, si las emisiones de CFC's continúan como hasta ahora¹⁹. Como puede apreciarse, el mayor decremento ocurrirá en latitudes altas.

Hemos dicho que la ciudad de México se encuentra a una latitud de 19° Norte, que corres-

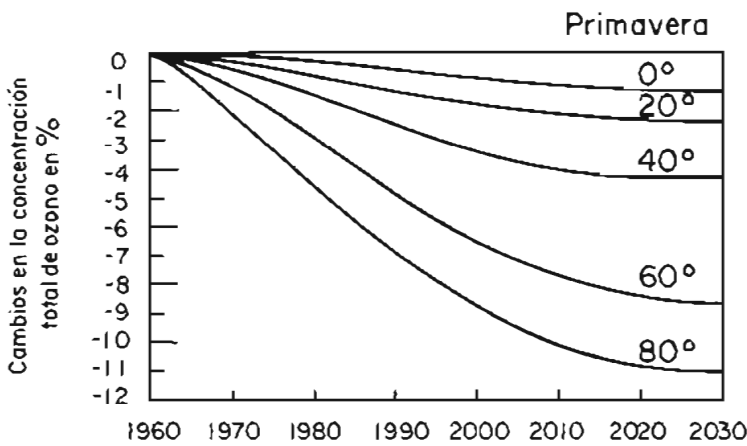


Figura 6

ponde a concentraciones bajas en la columna total de ozono.²⁰ Afortunadamente, tanto en el Ecuador como en los trópicos, las disminuciones medidas para el ozono estratosférico son mínimas.

El efecto de una variación decreciente en un cinco por ciento en las regiones tropicales, sería devastador en términos de la cantidad de radiación ultravioleta que penetraría a la superficie terrestre, por ser en estas regiones más "delgada" la capa de ozono.

A manera de resumen, antes de pasar a la discusión de los efectos que sobre la salud tendría una disminución en la capa de ozono terrestre, podemos decir lo siguiente:

1. El ozono en la estratosfera forma una capa que protege la vida en la superficie de la Tierra de la radiación ultravioleta proveniente del Sol. En la troposfera el ozono es un contaminante peligroso cuando rebasa sus concentraciones normales.

2. La disminución de la capa de ozono está ligada al uso de los CFC's y otros halógenos. Los CFC's permanecen intactos en la atmósfera por muchos años hasta que se distribuyen en la estratosfera. Una vez que sobrepasan la capa de ozono, la radiación ultravioleta rompe los enlaces moleculares liberando Cloro y permitiendo que éste inicie su ciclo de destrucción de ozono. Se calcula que cada molécula de CFC puede destruir hasta cien mil moléculas de ozono.

3. Entre 1979 y 1995 en el Hemisferio Norte se han presentado grandes áreas donde los niveles de ozono han descendido hasta en un cuarenta por ciento durante intervalos del orden de semanas.

4. Reportes recientes de la NASA indican una variación decreciente en un nueve por ciento global en las concentraciones de ozono estratosférico, en los últimos quince años.

Las consecuencias de que mayores dosis de radiación ultravioleta lleguen a la superficie serían graves. La radiación ultravioleta dañaría el DNA de nuestras células. Por tal motivo, algunos de los efectos que este exceso de radiación tendría sobre las diferentes formas vivientes en la superficie del planeta

y en particular sobre la salud del ser humano serían las siguientes:²¹

1. Aumento en la incidencia de cáncer en la piel.
2. Aumento en la incidencia de problemas oculares, específicamente cataratas.
3. Efectos negativos sobre la vida vegetal.
4. Efectos negativos sobre la vida marina, origen de la cadena alimenticia de los seres vivientes en el planeta.
5. Debilitamiento del sistema inmunológico de los seres humanos.

Debido a lo anterior y con base en los pronósticos mostrados en la Figura 6, los países industrializados productores de compuestos clorados, especialmente CFC's y haluros, se reunieron en 1987 estableciendo el llamado Protocolo de Montreal.¹⁶

Este protocolo establece que para 1988 se reducirá en cincuenta por ciento la producción de CFC's respecto a 1986, hasta su eliminación total en la primera década del siglo entrante. Un dato interesante es el hecho de que la transnacional Dupont, la mayor productora de CFC's a nivel mundial, se ha comprometido a dejar de producir estos CFC's para el año 2000.

Aun considerando las limitaciones impuestas por el Protocolo de Montreal, las tendencias en la evolución del ozono estratosférico, indican que el deterioro en la capa de ozono continuará. Por tal razón, el Protocolo ha sido enmendado en 1990 en Londres y posteriormente en Copenhague (1992), obligando a los países desarrollados a eliminar la producción y uso de los CFC's en 1996 y

añadiendo a la lista de sustancias controladas a los HCFC's. Los países en desarrollo tienen responsabilidades similares pero con un periodo de gracia de diez años.

La pregunta por responder es ¿qué podemos hacer individualmente ante el problema de la disminución de la capa de ozono? La respuesta objetiva es: ¡poco! Los niveles de ozono dependen de fenómenos naturales fuera de nuestro alcance tales como actividad solar, erupciones volcánicas, condiciones climáticas terrestres y en el ámbito antropogénico, de la emisión de compuestos químicos clorados que se producen de manera global en el planeta.

Lo que como individuos podemos hacer es poco: cuidar que nuestros refrigeradores no tengan fugas, tratar de no usar aire acondicionado y reducir al máximo el uso de los llamados *sprays* que contengan compuestos destructores de ozono estratosférico.

Agradecimientos

La obtención de datos de INTERNET, así como la edición y corrección del presente trabajo fueron posibles gracias a la generosa ayuda de E.A. Martínez Mirón. Por tal motivo agradezco su colaboración.

Referencias

¹ Ingersoll, A.P., "La atmósfera". Libros de Investigación y Ciencia, Edit. Prensa Científica, 1987, pp. 128-141.

² Change, R., *Chemistry*, Edit. Random House, 1984.

³ Dutsch, H.U., "Photochemistry of stratospheric ozone", *Quart. J.R. Met. Soc.*, Vol. 95, 1969, pp. 483-497.

⁴ Chapman, S., "A theory of upper-atmosphere ozone", *Mem. Roy. Meteorol. Soc.*, Vol. 3, 1930, p. 103.

⁵ Molina, M.J. and Rowland, F.S., "Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine-atom catalysed destruction of ozone", *Nature*, Vol. 249, 1974, pp. 810-812.

⁶ Bauer, E., "A catalog of perturbing influences on stratospheric ozone, 1955-1975", *Journal of Geophysics Reserch*, Vol. 84, pp. 6929-6940.

⁷ Ilyas, M., "Ozone depletion, ultraviolet-B and the tro-

pics". Ozone Depletion, Ilyas, M. (ed), Published by USM and UNEP, 1991, p. 35.

⁸ Herman, J.R., 1996. NASA/Goddard Space Flight Center. <http://www.epa.gov/docs/ozone/science>.

⁹ Farman, J.C., Garner, D.G. and Shanklin, J.D., "Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x relation", *Nature*, Vol. 315, 1985, p. 207.

¹⁰ Gleason, J.F., Bhartia, P.K., Herman, J.R., McPeters, R., Newman, P., Stolarski, R.S., Flynn, L., Labow, G., Larko, D., Seftor, C., Wellemeyer, C., Komhyr, W.D., Miller, A.J., Planet, W., "Record low global ozone in 1992", *Science*, Vol. 260, 1993, p. 523.

¹¹ Stolarski, R., Bojkov, R., Bishop, L., Zerefos, C., Staehelm, J. and Zwodny, J., "Measured trends in stratospheric ozone", *Science*, Vol. 256, 1992, p. 343.

¹² Toon, O.B., and Turco, R.P., "Polar stratospheric clouds and ozone depletion", *Scientif American*, Junio 1991, pp. 40-47.

¹³ Juárez, A., Gay, C. y Bravo, J.L., "Influence of urban ozone in the measurements of the total ozone column in Mexico City", *Atmósfera*, Vol. 8, 1995, pp. 35-43.

¹⁴ Juárez, A., Gay, C., Reyes, N. y Conde, C. "Forzamiento radiativo en la ciudad de México debido a la presencia de ozono superficial". Memorias del Second Inter-American Environmental Congress, Monterrey, México, 1995, pp. 173-176.

¹⁵ Riveros, H.G., Bravo, J.L., Páramo, V.H. y Tejada, J., "El ozono y el consumo de gasolina en la zona metropolitana", *Boletín de la Academia de Investigación Científica*, Julio-Agosto, 1993, p. 31.

¹⁶ Madronich, S. y De Grujil, F.R., "Skin cancer and UV radiation", *Nature*, Vol. 366, 1993, p. 23.

¹⁷ Faucheux, S. y Noël, J.F., *Las amenazas globales sobre el medio ambiente*, La Découverte, 1992.

¹⁸ Ellsaesser, H.W., "The unheard arguments: A rational view on stratospheric ozone", *21st Century Science & Technology*, Vol. 7, 1994, No. 3, pp. 37-45.

¹⁹ Brackemann, H. and Stemping, J.H. (editors), *Responsability Means Doing Without How to Rescue the Ozone-Layer*, The Federal Environment Agency, Germany, 1989, p. 23.

²⁰ Ilyas, M., *Ozone depletion implications for the tropics*, Editions Pub. Univ. of Science Malasia and United Nations Environment Program, 1991.

²¹ Tevini, D.M., *UV-B radiation and ozone depletion: Effects on humans, animals, plants, microorganisms and materials*, USA, 1993.

Couturat: divulgar a un divulgador

Marcos Winocur

Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
Universidad Autónoma de Puebla



Louis Couturat, francés, vivió entre 1868 y 1914. Filósofo y matemático, esa doble condición otorga a su obra especial significación. En contadas ocasiones algunos de sus trabajos fueron traducidos y publicados en español, como así referencias a su vida y obra. Este artículo quiere retomar esa preocupación, transcurridos ochenta años de la muerte de Couturat. Es decir, un intento de hacer un balance del autor en el marco de época, tomando en cuenta que, a pesar de todo, se trata de una personalidad prácticamente desconocida en nuestros días.

Como autor, Couturat nos ha dejado numerosos trabajos, entre ellos varios libros, hace unos años reeditados en francés que, escasamente traducidos a otras lenguas, tampoco se conocen en español. Como maestro, Couturat se vio consagrado cuando en 1905 dictó cursos en el Collège de France en la cátedra de un filósofo de proyección internacional, Henri Bergson. Como polemista, estuvo envuelto en debates, destacándose los sostenidos con una de las autoridades matemáticas de la época, el francés Henri Poincaré.

En fin, una trayectoria truncada a los 46 años de edad a causa de un accidente automovilístico ocurrido en 1914, año de funestas consecuencias para Europa y el resto del orbe. Couturat compartirá así un trágico destino con otros matemáticos

franceses que le sucederán y sobre los cuales influyó: Herbrand también fallecerá en accidente mientras que Lautman y Cavaillès serán fusilados por los nazis cuando la ocupación alemana en Francia.

El deseo de rescatar del olvido la obra de Couturat hizo que, en 1977 y en el marco de l'École Normale Supérieure de París —donde, muchos años atrás, el autor, a la cabeza de su generación, había presentado examen para acceder al profesorado ante un jurado presidido por Lachelier— se celebrara un coloquio internacional dedicado a su obra y personalidad. Allí se reunieron destacados filósofos y científicos, entre otros, René Taton, P. Ricoeur, M. Serres y los que seguidamente se mencionan a través de sus ponencias.

Maurice Loi, gracias a cuyo entusiasmo se celebró el coloquio, abordó la actualidad de Couturat en un trabajo donde biografía y obra se complementan. Mario Laserna habló sobre las críticas emprendidas por el autor contra la concepción kantiana de la geometría, recurriendo a un paralelismo con la física del espacio. Otro de los intervinientes en el evento, Hervé Barreau, expuso sobre Couturat y sus observaciones a las concepciones del tiempo sostenidas por sus contemporáneos Lechelas (causalidad), Bergson (la duración sensible como forma de la subjetividad) y Evellin

(tiempo discontinuo), sin que el autor haya logrado delinear claramente su propia posición.

Por su parte, Pierre Dugac examina la curiosa anécdota donde Couturat dedica un ejemplar de su tesis doctoral sobre el infinito matemático a Cantor, manifestándose su “discípulo agradecido”, gesto que, si el así considerado maestro llegó a leer, difícilmente reconociera pues sólo años más tarde Couturat alcanzaría a comprender cabalmente la concepción cantoriana, en particular el continuo despojado de la noción de magnitud. Franz Schupp trata de algunos aspectos de la investigación original realizada por Couturat sobre inéditos de Leibniz, en particular refiriéndose a la lógica de las proposiciones. Ubaldo Sanzo ve al autor como un racionalista fiel de la tradición filosófica francesa que descubre en el horizonte matemático un logicismo recreativo. Anne-Françoise Schmid aborda la correspondencia inédita Couturat-Russell conservada en la biblioteca de una ciudad francesa y mantenida a lo largo de dieciséis años (1897-1913) y que permite estudiar la evolución del pensamiento de ambos como así aspectos que hacen a sus biografías. Jean Dieudonné nos presenta las matemáticas de la época vivida por el autor, donde intuicionistas, constructivistas y logicistas cruzan armas. Alexandre Giuculescu se refiere a Couturat como un promotor de las investigaciones interdisciplinarias, para lo cual está especialmente dotado por su carácter y cultura.

Estas referencias, que abarcan a la mayoría de las ponencias presentadas en el coloquio internacional de 1977, rinden testimonio sobre la riqueza del pensamiento del autor, permanentemente motivado por diversos temas que hacen a la filosofía y al fundamento de las matemáticas, y aun fuera de ellos.

En efecto, en los últimos años de su vida, Couturat se interesó vivamente por una lengua universal, el esperanto u otra llamada *ido*, publicando sobre el tema en lo que parecía una apertura desde las matemáticas hacia la lingüística, y que no llegó a alcanzar vuelo por su muerte prematura.

Fue el coloquio de 1977 un acontecimiento cultural y sin embargo, clausurado, el silencio volvió a caer sobre la obra de Couturat.

A la búsqueda del abuelo

Los logicistas –así se autodenominaban–, surgidos entre los siglos XIX y XX y donde se inscriben nombres tan ilustres como Dedekind, Cantor, Peano, Russell, Frege, en un primer momento fueron ignorados, abriéndose paso sus ideas poco a poco y con resistencia; recuérdese la polémica Kronecker-Cantor y cómo este último vio bloqueado el acceso a una cátedra universitaria de prestigio, y cómo, marginado, pasó años de su vida sumido en la depresión nerviosa que exigió a intervalos su internación hospitalaria.

Combatida como ocurre con lo nuevo, se trataba de una revolución en los campos de las matemáticas y la filosofía, donde los logicistas se declaraban a la vez infinitistas, enfrentándose a los finitistas que gustaban citar una expresión del matemático más brillante del siglo, Gauss. Y éste había dicho respecto del infinito: *c'est une façon de parler*. En ese primer momento de su trayectoria, los logicistas me recuerdan a los hijos rebelándose contra los padres... y a la búsqueda de un abuelo en cuya autoridad apoyarse.

¿Quién sería el buen abuelo que saliera de garante de aquellos jóvenes? Esa figura la encarnará el filósofo y matemático (y, por lo demás, físico, inventor, diplomático) alemán Gottfried Wilhelm Leibniz, quien vivió entre los siglos XVII y XVIII (1646-1716), en fin, el hombre del cálculo infinitesimal. Y bien, hacia él fueron simultáneamente dos de los jóvenes logicistas, cada uno emprendiendo el camino por su lado. Me refiero a Russell y Couturat, quienes desde un tiempo antes, cultivaban una relación epistolar amistosa y de fecundo intercambio intelectual.

Así, los resultados no se hicieron esperar. La lectura de textos conocidos de Leibniz motiva a Russell a escribir el libro *A critical exposition of the philosophy of Leibniz* (1900). Y la búsqueda en el fondo documental (textos inéditos) de ese autor lleva a Couturat a publicar *La logique de Leibniz* (1901) seguida por una recopilación de dichos textos titulada *Oposcules et fragments inédits de Leibniz* (1903). Naturalmente, la cosecha de Couturat resultó la más fructífera, lo que Russell admite en un segundo prólogo a su libro, fechado en 1937. Y, agrega el filósofo inglés,

Couturat llevó más lejos la heterodoxia en cuestiones tan importantes como la interpretación del principio de razón suficiente, lo cual resultó posible luego de la compulsión de textos inéditos. Leibniz, constata Russell con sus habituales sentido del humor y mordacidad, guardaba una buena filosofía para sí mismo y una mala filosofía que publicaba para ganar fama y dinero. Y, agrega Russell, también en esto Leibniz revelaba su inteligencia: su mala filosofía édita era admirada como tal en tanto la buena era sólo conocida por gente reacia a publicarla.

¿Cuál era el mensaje que el buen abuelo Leibniz, a pesar de su supuesta dualidad, transmitía a sus nietos dos siglos después? El proyecto de una lógica de las proposiciones. Éstas, para el filósofo alemán, están en el punto de partida. No los objetos ni tampoco sus representaciones mentales, sino las proposiciones. Leibniz, como otros antes y después que él, no considera los objetos hasta que éstos son apropiados por el lenguaje. Puesto que, y tal es un segundo punto, los objetos cobran vida cuando algo se dice de ellos, y de eso se trata: de la estructura de las proposiciones, las cuales se articulan en sujeto y predicados.

Algo se dice de algo, es como dar nuevo orden a la naturaleza (cuya existencia *per se* nos es indiferente) otorgándole un sentido, y es cuando, tras el conocimiento, entran a jugar los valores esenciales de verdadero y falso. Los objetos dejan su materialidad intrascendente para “humanizarse”. En este punto ocurre el conocimiento y los juicios subsecuentes. Pero Leibniz va más lejos. Tras estos dos señalamientos –la proposición tomada como punto de partida y el relevamiento de sujeto y predicados– constata un tercer punto: dentro de la proposición los predicados están contenidos en el sujeto para cuanto se afirma de éste, sea con carácter universal o singular, necesario o contingente. A tal punto esto es importante, que Leibniz hará derivar íntegramente su metafísica de la lógica. Y ésta, que parecía cerrada desde la época de Aristóteles, se descubre entonces bajo nueva luz, como un camino abierto a la creatividad. Y además, agrega Leibniz, todo sujeto admite infinitos predicados. Estamos pues a un paso de abordar una lógica de las proposiciones matemáticas, paso que se dará dos siglos más tarde.

La época de Couturat

Naturalmente, se trata en estas páginas de hacer un balance histórico, es decir, intentar una valoración del rol que una nueva corriente de ideas cumplió en su época. Desde luego, tantos años transcurridos durante los cuales la producción matemática ha sido abrumadora, no sería razonable pretender que hoy se mantenga válido todo cuanto formularon los integrantes de aquella corriente de ideas.

Y ello es particularmente cierto respecto de Couturat. Así, algunas consideraciones contenidas en su libro *La logique de Leibniz*, que pronto cumplirá el siglo de aparecido, no se sostienen, aun cuando permanece como enriquecimiento crítico de la obra del filósofo alemán, tal cual lo han señalado diversos comentaristas. Particularmente se ha cuestionado la afirmación de Couturat según la cual Leibniz, a pesar de sus íntimas convicciones, y tal vez por esa dualidad que en tono sarcástico señalara Russell, permaneció en definitiva amarrado a la tradición escolástica. Esta situación habría bloqueado el desarrollo de su pensamiento en dirección a una lógica de las proposiciones matemáticas y a los fundamentos de éstas. El reproche de Couturat a Leibniz no se sostiene. Independientemente de hacer pública o no una parte de sus ideas, el filósofo alemán llegó tan lejos como su época lo permitía y como su propia vida agitada le dejó lugar. Así, lejos de criticarle lo que no hizo es del caso valorar cuanto, en contra de la tradición escolástica, llegó a concebir y que, como un sobre cerrado, permaneció dos siglos a la espera de interlocutores.

Tampoco acaba de convencer la afirmación de Couturat en el sentido de que lo particular, respecto de lo universal, contiene un irreductible elemento existencial, cuestionando de tal manera el manejo de la subordinación en Leibniz mediante una extrapolación (el referido elemento existencial). Así se ha señalado en trabajos de lógicos como Rescher, Kauppi e Ishiguro, entre otros.

Pero, reitero, estas críticas no ponen en entredicho el hecho central, a saber: el papel desempeñado por Couturat en el seno de los logicistas, a quienes se suma en temprana época para contribuir a la tarea renovadora en filosofía y matemáti-

cas. Y bien, los logicistas habían ganado para su causa a un abuelo pero no debían olvidar que tenían en contra a otro. Me refiero al filósofo Immanuel Kant, por entonces referencia obligada cuando se hablaba de los fundamentos de las matemáticas, y cuyo centenario de la muerte (1904) se conmemoró en el mundo intelectual europeo, siendo ocasión para exaltar su pensamiento. Para Kant las matemáticas requerían de los por él llamados juicios sintéticos *a priori* es decir, entidades mentales que no requieren de una elaboración lógica sino que el ser humano, por decirlo así, lleva puestos desde su nacimiento.

Couturat sale al cruce de esa corriente de ideas dominante en la época y escribe un largo trabajo titulado *La philosophie des mathématiques de Kant* agregado como apéndice a su libro *Les principes des mathématiques* (1905). La construcción de los conceptos, incluidos los matemáticos –había enseñado Kant–, consiste en definitiva en “exponer la intuición que les corresponda”. Así, los intuicionistas estaban siendo enfrentados por los jóvenes logicistas.

Éstos, sin embargo –constata Couturat a comienzos de siglo–, al contrario de cuanto estaba sucediendo en Alemania, Inglaterra, Italia, no tienen casi peso en Francia, aunque la presión co-



mienza a dejarse sentir desde el exterior. En 1904, coincidiendo con la publicación del teorema de Zermelo, las ideas de Cantor entran al medio universitario por iniciativa de Lebesgue, Borel y Baire. Y bien, Couturat, que desde años atrás venía batallando en el mismo sentido, está en condiciones de constatar que la resistencia al logicismo ya no puede evitar la circulación de las ideas en el escenario francés. Los matemáticos que más tarde vendrán, desde Cavailles al grupo Borel, son tributarios de aquel esfuerzo pionero de Couturat, quien no sólo se batía contra la sombra de Kant, sino polemizando con uno de sus compatriotas más ilustres, Henri Poincaré. Su antiguo maestro se mantenía bajo la influencia de Kant, al igual que, en Alemania, David Hilbert. A éste, sin embargo, ello no le impidió tomar partido a favor de Cantor, al contrario de Poincaré.

Couturat como divulgador y su relación con Russell

Como publicista, maestro y polemista, uno de los mayores méritos de Couturat fue el de divulgador de las nuevas ideas. Es una tarea que importa riesgos, se trata de abarcar un público lo más extenso posible sin por eso perder en rigor. No siempre es posible conjugar ambos requerimientos. Pero no se convence, no se atrae a las inteligencias jóvenes sin asumir esos riesgos. Y reconociendo en la tarea de divulgación precisamente ese sentido de *llamado*: sólo si el lector daba el paso siguiente, esto es, ir a las obras de fondo cuya difusión se pretendía, sólo así la tarea quedaba completada para Couturat. La claridad lógica –escribió– no se consume con la palabra y, mucho menos, con la divulgación; se obtiene por medio del simbolismo lógico –concluía– y éste es irremplazable.

Dentro de esa tesitura, el pensamiento que sedujo a nuestro autor, luego de leer *The principles of mathematics* (1903), fue el de Bertrand Russell. Conservando el título dado por el filósofo inglés a esa obra fundamental, Couturat elaboró una versión “para franceses” donde resume y glosa el libro, introduciendo referencias a Cantor, Peano y otros.

Y bien, el libro, titulado en francés *Les princi-*

pes des mathématiques, continúa siendo, a mi entender, recomendable como introducción, tanto para los estudiantes en general como, en particular, para los filósofos que se aventuren en el mundo de las matemáticas y para los matemáticos que se internen en el mundo de la filosofía.

Luego del prólogo (que el autor divide en *avant-propos* y en introducción) la obra entra a un primer capítulo titulado *Principios de la lógica*, escalonado en su interior en tres: cálculo de proposiciones, cálculo de clases y cálculo de relaciones, para rematar en una metodología. Couturat trae a colación una conocida referencia de Russell: “Decir que p es igual a q , es decir que p implica q , y que q implica p ”. A partir de este enunciado cabría plantearse la cuestión de las proposiciones en general, en los términos que lo hace Leibniz, según citáramos, materia que fue objeto de investigación tanto por parte de Couturat como de Russell. En efecto, esa recíproca implicación ¿es específica de las matemáticas o puede encontrarse en otro tipo de proposiciones?

Un segundo capítulo se titula *La idea del número*, donde el autor desarrolla los temas de teoría cardinal, teoría ordinal y de los números infinitos, según subtítulo. El tercer capítulo el autor lo llama *La idea de Orden*. Ambos, el segundo y el tercero, se indica al comienzo del libro, cumplen además otra función: deberán reemplazar una parte de una obra anterior, su tesis de doctorado, que fuera editada nueve años antes con el título de *De l'infini mathématique* (1896). Así, la ocasión era propicia para que Couturat dejara atrás concepciones que no tenía aún suficientemente decantadas, en especial, según sus propias palabras, en cuanto a la naturaleza del número, el cual, en cierto modo, oponía al concepto de magnitud. Y en esta actitud se muestra con la misma disposición que Russell para reconocer errores y repararlos sin por eso hacer dramas autocríticos; recuérdese cuando el filósofo inglés admitió la existencia del mayor de todos los números, razonando al respecto, y cómo, en nota a pie de página del artículo donde figuraba esa aseveración, y sin tomarse la molestia de corregir el texto, dio por finiquitada la cuestión, retractándose.

Otros temas tratados en *Les principes des mathématiques* se refieren al continuo, al número

irracional cuya definición procura, a la teoría de conjuntos y a la noción de grupo, entre otros.

La relación entre Couturat y Russell no se limitó al libro comentado, sino que nutrió una correspondencia a través de los años y hasta meses antes de la muerte del primero, ocurrida en 1914. Como se sabe, el filósofo inglés fue un hombre universal, sensible a los más variados aspectos de la vida, tanto las cuestiones religiosas como la moral, la política como la pedagogía, el hombre del mañana como la paz mundial. Hubo pues ocasión para que ambos confrontaran sus opiniones a través de la correspondencia, la cual ha sido estudiada y comentada en trabajos de especialistas. Claro que los temas mencionados —y otros que pertenecen a la vida cotidiana, como las lecturas comunes, el acontecer de cada día, los amigos cuyo trato comparten— son tratados con frecuencia de modo casi epigramático, dando por sabidos asuntos que el lector de esa correspondencia casi debe adivinar. Conforme las cartas intercambiadas, ambos se reunieron al menos tres veces (Caen, 1898; París, 1900; París, 1906).

Todo esto, naturalmente, es parte de la anécdota. El corazón del intercambio epistolar lo constituyen las cuestiones teóricas, en especial los fundamentos de las matemáticas, preocupación constante en ambos. Ahora bien ¿cuáles constituían en la época los grandes temas de debate en la materia? Debe considerarse que se trata de un momento de sueños totalizadores tipo Hilbert, antes que Gödel los echara por tierra, de modo que la cuestión de la organización axiomática de las matemáticas se encontraba a la orden del día. Luego, no se podía cerrar los ojos ante la teoría de conjuntos formulada por Cantor y Dedekind, cuyas paradojas no tardaron en aparecer. También es claramente enunciado el axioma de elección y se desarrollan los sistemas de expresión formales en lógica a partir de los trabajos de Boole, Frege, Schröder, Peano, Russell, sin olvidar el surgimiento de los problemas de la no-contradicción, asociados a las paradojas.

Todo ello, entre otras variadas cuestiones teóricas, es materia de la correspondencia entre Couturat y Russell, que así resulta un muestrario del debate de las ideas en aquellos años. No menos importante me parece indicar cómo allí también

quedan grabados los caracteres personales de ambos, su actitud mental abierta, su disposición a reconocer errores propios y méritos ajenos. Vivieron ambos una de las preocupaciones centrales del pensamiento de la época: los fundamentos de las matemáticas. Y, queda registrado en las cartas intercambiadas, esto les importaba más que todo.

Por cierto la discusión no está ausente. En los primeros años de la correspondencia, Couturat desliza algunas observaciones críticas respecto de la obra de Russell, para él inclinada hacia el empirismo, y que tal se pondría en evidencia con motivo de la interpretación dada por el filósofo inglés a los postulados de Euclides. Pero los señalamientos críticos de Couturat van bajando de tono conforme transcurren los años y especialmente desde su lectura de *The principles of mathematics*, que de inmediato vertiera al francés, según se ha comentado. En el prólogo, Couturat hace el elogio de Russell, quien —escribe— lejos de ser una brillante paradoja de la moda o una fantasía individual y efímera, sin raíces en el pasado y sin frutos para el porvenir, encarna la realización necesaria y el coronamiento de todas las investigaciones críticas a las cuales se han librado los matemáticos en el último medio siglo —concluye la semblanza de Russell.

Como se ve, una admiración sin reservas, expresada en un lenguaje teñido de romanticismo. Y sin embargo, en un momento anterior a la publicación de *The principles of mathematics* (1903), Couturat, lejos de ubicarse en posición de discípulo de Russell, aparece como influenciando la formación de éste.

Bradley, Moore, Whitehead y Couturat fueron los autores que jugaron ese rol. Del último, Russell tuvo conocimiento de su tesis doctoral *De l'infini mathématique* (1896) como así de sus artículos *Sur les rapports du nombre et de la grandeur* (1898), *L'algèbre universelle de M. Whitehead* (1900) y *Sur la définition du continu* (1900).

Así, dos momentos se perfilan en la relación entre los dos autores. En el primero, Russell encuentra en la lectura de la obra de Couturat parte de los elementos necesarios que luego le servirán, ya despojado de la influencia de Hegel, para la redefinición de los fundamentos de las matemáticas. Y, cuando esto último ocurre, en un segundo

momento, se da el proceso inverso: en la obra de Russell, Couturat encuentra la globalidad necesaria en el punto en que su propio pensamiento requería para el combate que libraba en Francia.

Las ideas de Couturat

Couturat llegó a resumir su pensamiento escribiendo que si a la ciencia le corresponde explicar el universo, a la filosofía le corresponde explicar la ciencia; y que si la filosofía no alcanza a justificar a la ciencia, no sería entonces la bancarrota de ésta, sino más bien de aquélla.

Con tales expresiones, compartidas en general por el nuevo pensamiento que se abría paso con el siglo, se dejaban las puertas abiertas para que dos décadas después los positivistas lógicos llamaran a la filosofía “la doncella de la ciencia”. Rudolf Carnap, figura central del Círculo de Viena y discípulo de Frege, entenderá la lectura del mundo como tarea exclusiva de la ciencia. ¿Y qué rol le quedaría entonces por cumplir a la filosofía? Generalizar hasta donde le sea posible, y éste es papel de la lógica, no de la metafísica —concluirán los positivistas lógicos desatando una guerra sin cuartel contra esta última.

Desde luego, Couturat no hubiera compartido tales extremos. Más bien reaccionaba contra los excesos de la metafísica, no contra ésta en sí. Para él existe una subordinación de valores a cuya cabeza se encuentra la ciencia, englobando en el término a las matemáticas. Claro que éstas, por su naturaleza abstracta y por su lenguaje simbólico, resultan los parientes más cercanos de la filosofía, con la cual comparten la lógica. Pero quedan tras de estos mecanismos nuevas preguntas, y allí es donde aparece la metafísica —son consideraciones que todavía juegan para Couturat.

Todos los filósofos, sostiene el autor, desde Aristóteles a Kant, han tomado a la ciencia como objeto de sus especulaciones, acogéndola en el estado que históricamente se han encontrado con ella, nutriendo así los sistemas filosóficos. Pero nunca como en el siglo xvii —agrega el autor— el comercio entre ciencia y filosofía fue más fecundo, cuando los pensadores estaban vueltos hacia la naturaleza y nutridos de matemáticas; fue cuando los más grande metafísicos inventaron el aná-

lisis y el cálculo infinitesimal, es decir, fungieron como los fundadores de la ciencia moderna –concluía Couturat.

Y bien, esa tradición parecía perdida o al menos interrumpida, en un momento en que la filosofía se desinteresaba de la ciencia, dándose a la especulación pura, situación que se mantuvo en el siglo XIX. Abandonando el mundo físico a los científicos, ella se había confinado en el reducto de la conciencia para satisfacción de la metafísica, subjetivismo y psicologismo. Contra ese divorcio se levantan voces en la época del autor, quien suma la suya desde temprano, a fines del siglo pasado.

Así, la revolución en el campo de las matemáticas no se limitará a éstas, sino que será parte de la transformación global del pensamiento. Para Couturat el problema capital de la crítica consistía en determinar los roles del *a priori* –sobrelorado por Kant– y del *a posteriori* (o, si se quiere, de lo dado y de lo adquirido) como momentos de la actividad cognoscitiva, es decir, se trataba, en términos filosóficos, de revalorar la teoría del conocimiento.

Todo esto será material en términos de proyección futura. Los positivistas lógicos del Círculo de Viena retomarán a partir de los años veinte uno de los conceptos más caros de los logicistas, las proposiciones y su juego de sujeto y predicados. Todos los enunciados verdaderos –dirá Wittgenstein, discípulo rebelde de Russell– son tautologías, manera descarnada de llamar al hecho de que los predicados están contenidos en el sujeto. En todo caso, éste podía ser tratado como universal y aquéllos como particulares, a condición de admitir que el despojo de un solo predicado al sujeto lo convierte en otro, falso para el enunciado de que se trate. Si digo “Juan es verde y no tiene nariz” bastará con pasarlo a rojo y/o colocarle nariz para que deje de ser Juan.

Para los positivistas lógicos estas ideas llegaron a ser básicas desde que ellos, antimetafísicos militantes, sostenían que sólo había enunciados formales (de la lógica y de las matemáticas) o enunciados contrastables empíricamente, y todo lo demás carecía de sentido (y mejor abstenerse de hablar de ello, como cerró Wittgenstein el texto de su *Tractatus* con frase que se hizo célebre).

Conclusiones

Desde su privilegiada posición de investigador en los campos de las matemáticas y de la filosofía, Couturat, a la altura de los requerimientos de la época, realizó su aporte en ambas disciplinas. Como publicista, maestro y polemista –actividades de que hemos dado cuenta en estas páginas, en particular del contenido de uno de sus libros–, Couturat cumplió un relevante papel de divulgador. En ese sentido, la problemática que abordó se conserva en buena parte vigente como introducción a las matemáticas en su capítulo de los fundamentos, a la epistemología y a la filosofía en general. Igualmente, la obra del autor rinde testimonio de un momento creativo del pensamiento de décadas atrás, cuando las concepciones tradicionales entraban en crisis.

Nos hemos detenido, desde el título mismo de este trabajo, en el interés que revela rescatar su obra de divulgador. Aun en las cuestiones más arduas, como la del infinito –que recibe tratamientos diferenciados en matemáticas, filosofía y física–, fueron abordadas por Couturat de manera clarificadora. Y el ejemplo es relevante. *De l'infini mathématique*, fue el título de su tesis doctoral y preocupación constante del autor, vinculada a su posición logicista.

Tradicionalmente las matemáticas han tenido que ver con el infinito, pero éste ha sido el llamado *en potencia* desde Aristóteles. Ya los griegos se enfrentaron al número irracional (es sugestivo que haya sido bautizado con ese nombre) y, antes todavía, a partir de uno de los primeros signos matemáticos, los “números de contar”, el hombre se planteó averiguar dónde se encontraría el fin de la serie. Pero la ambición de los logicistas, y muy especialmente a partir de las tesis de Cantor, fue mucho más lejos: se trataba del infinito *en acto* (no numerable) y de cómo decodificarlo, saber si se sometía al tratamiento matemático. ¿Había entonces una lógica capaz de entenderse(a) con el infinito en acto? Cantor respondió afirmativamente y ello significó enriquecer las posibilidades de las matemáticas y, desde ellas, a la filosofía.

Couturat poseía las herramientas proporcionadas por ambas disciplinas y esto, junto con su vocación de divulgador, hizo a su obra perdurable.

9.5



3009

La exaltación y la quiebra

Raúl Dorra

Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
Universidad Autónoma de Puebla

Quien lea con atención los evangelios terminará convenciéndose de que la crucifixión de Jesús, ocurrida en una víspera de sábado, es uno de los pocos hechos de cuya historicidad se puede estar seguro. Y de que ese día, sobre todo, él tenía vastísimos motivos para sentir que su iniciativa personal había terminado en el fracaso. Volviendo con ecuanimidad sobre aquellas narraciones uno se ve tentado a imaginar que ese sentimiento habrá sido para él aun más poderoso, aun más abrumador que los tormentos de su cuerpo en agonía. Estamos hechos de tal modo que ante un hombre que muere torturado nuestra urgencia es saber qué cosas últimas pasaron por su espíritu, sobre cuáles imágenes se cerraron sus ojos. Quizá los trastornos de la respiración, me digo pensando en la agonía de Jesús, las desgarraduras de la carne, la herida de la sed, el asedio del sol y de las voces le impedirían toda reflexión, pero aquella hora que le fue tan adversa, aquella absoluta inermidad no podían llegar hasta su espíritu sino como una consecuencia de las ominosas jornadas que su pasión lo había hecho recorrer. Quizá en ese momento no podía sentir sino esa oscura cosa y su propia pasión ya comenzara a resultarle inexplicable.

Apremiada por todas las señales del final, la vida pública de Jesús fue breve y se movió entre la exaltación y la quiebra. Recorrió un racimo de aldeas olorosas a pescado mostrando que tenía poderes para obrar y decir cosas de asombro, y ese recorrido le deparó el desbordado, el exigente, el frágil entusiasmo de gente menesterosa a la que en ocasiones debió hablarles montado sobre una barca, defendido por las aguas, para evitar que sus reclamos y sus llagas terminaran sofocándolo. Desde allí, dicen, o sobre un monte, o junto a un caserío, describía ese Reino de misericordia

infinita donde los últimos serían los primeros. Pero aquella gente –siempre más sensible a los golpes del prodigio que a las revelaciones de su palabra– nunca entendió que lo que importaba no eran las curaciones súbitas sino la posibilidad, la necesidad de transformar radicalmente la vida. Que se trataba de otra cosa: de que el mundo es un lugar insoportable y que sólo se puede vivir en el deseo de hacer otro. Es posible también que las curaciones, obradas a veces a regañadientes, no siempre recayeran sobre los más ansiosos y eso colaborara para enfriar la de todos modos errática atención a las parábolas. Pero la gente pidió y recibió y no lo escuchó, puede decirse, y más tarde o más temprano desistió de seguirlo, razón por la cual, decepcionado, hubo de maldecir a aquellas pobres estaciones que tantas veces le habían arrancado los beneficios de su milagrería: Corazín, Cafarnaún, Betasaida. Y cuando, poco más tarde, no sin crispación, acompañado por una decena de hombres más bien rudos y por algunas mujeres de fidelidad silenciosa decidió instalarse en Jerusalén para librar allí la gran batalla, su fortuna no cambiaría. Por el contrario. En Jerusalén, donde la credulidad era menos frecuente, no hubo ya casi milagros sino discusiones; ásperas, duras discusiones que día a día lo enfrentaban con fariseos y sacerdotes. En Jerusalén, como en toda Palestina, muchos hombres estaban seguros de que la historia tenía que cambiar y se preparaban para ello, pero muy pocos, menos hombres aun que en aquellos caseríos de la costa, estaban dispuestos a ver en Jesús el instrumento de un cambio relevante. En Jerusalén había un dicho cuya veracidad parecía probada: “¿qué cosa buena puede salir de Galilea?”

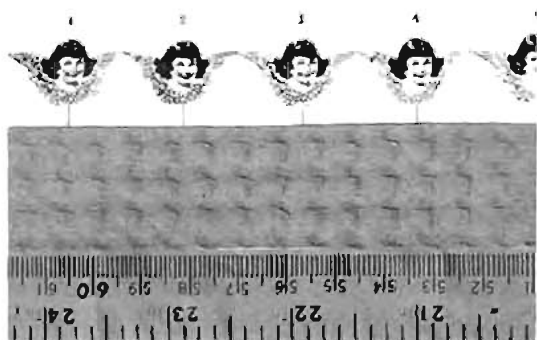
Es necesario tener en cuenta que los evangelios no son en realidad escrituras biográficas sino

textos en cuya urdimbre entraron el recuerdo y el olvido, los hábitos de la credulidad, los procedimientos de la imaginación simbólica, las estrategias, por fin, de una doctrina que como todas necesitó de argumentos contundentes. Pero quien busque, al fondo de esa urdimbre, el hilo delicado de una vida, no tardará en decirse que la batalla de Jesús fue librada con desesperación y que no podía tener otro destino que la derrota. El Templo era demasiado grande; los fariseos demasiado firmes en la interpretación de las Escrituras; los sacerdotes demasiado poderosos y demasiado necesitados de impedir la actividad de agitadores; las fuerzas de seguridad, las que respondían al Sumo Sacerdote tanto como las que obedecían al Procurador, demasiado activas en la vigilancia. Desde su arribo, desde su último arribo a Jerusalén, Jesús no pasaba las noches dentro de los muros de la ciudad pues se sentía cercado. Las narraciones evangélicas tratan de persuadirnos de que sus diarias discusiones terminaban en victoria pero el peso de los hechos termina convenciéndonos de lo contrario. Incluso, si leemos atentamente el episodio de la unción en Betania—retomado por los cuatro evangelistas—, así como el relato de la última cena, encontraremos que para entonces sus propios discípulos eran presa frecuente de la agitación y de la desavenencia, y que el afán polémico del Maestro se reproducía entre ellos de

manera funesta. Quizá la traición de Judas deba ser vista, antes que nada, como una desertión ocurrida en un pequeño ejército a punto de ser diezmado por el poder de sus enemigos y también por el asedio de sus propias emociones. Antes de que Jesús muriera ya ese ejército se había desbandado. Se había desbandado en el momento en que la policía vino por él en la noche y lo llevó a la casa del Sumo Sacerdote para que comenzaran aquellas horas que nadie sabría contar y que sin pausa lo condujeron a un final desastroso. Si Jesús miró a su alrededor desde la cruz, si en medio del tormento pudo ver, habrá visto que había unas mujeres que lloraban y que el resto era completa hostilidad.

El triunfo —y la transformación— de la iniciativa de Jesús comenzaría a gestarse al tercer día de su muerte, cuando una —o algunas— de esas llorasas regresó muy de mañana hasta el sepulcro y lo encontró vacío y se dio a un desconsuelo del que nada iba a sacarla, nada que no fuera una visión, estremecedora, absoluta, sobre todo capaz de convencerla de que el Maestro había resucitado. Entonces se pondría en marcha una energía emocional tan poderosa que pronto desbordaría las fronteras de Palestina para propagarse en las ciudades de la Diáspora y organizar, más bien desde esas ciudades, una religión que los siglos convertirían en lo que Renan —al comienzo de su célebre *Vie de Jésus*— define sin vacilaciones como “El acontecimiento capital de la historia del mundo”. Por obra de esa religión, nacida en el convergencia de tradiciones judías y de cultura helenística, la iniciativa de Jesús llegó a ser tan exitosa que hoy todos los hombres —aun los que pertenecen a civilizaciones no cristianas— deben aceptar que la historia del mundo se divide en dos segmentos cuya intersección se sitúa en el momento en que aquel singular galileo inició su incierto paso por la tierra. Convencional, oficializada, esta periodización no es intrascendente ni es del todo convencional: su simbolismo expresa el resultado de exhaustivas transformaciones que se sitúan en todos los niveles de la vida social y de la vida privada.

Para ordenar las transformaciones de la vida social el cristianismo dispuso que su jefe tuviera como sede la sede del Imperio y esa decisión paradójica lo instaló en el centro del poder. Tal



decisión en la que Jesús no hubiera sabido reconocerse no es desde luego lo que hizo del cristianismo un fenómeno singular. Acaso lo singular del cristianismo se refiere a la esfera de la vida privada, acaso la consecuencia más trascendente, y más legítima, de la iniciativa de Jesús es la transformación, verdaderamente revolucionaria, de la intimidad de los hombres. A veces a favor y muchas veces a pesar de las iglesias que comenzaron a administrarlo, el cristianismo fue una revolución moral y sobre todo emocional que tardó por lo menos tres siglos en programarse y varios más en expandirse y varios todavía para desarrollar su inmersión en la profundidad de la persona individual y —siguiendo el mismo movimiento— en la profundidad de la persona colectiva. Una revolución que, en muchos sentidos, no ha terminado aún. La iniciativa de Jesús, combinada con azares y necesidades de la historia, organizó una exploración de territorios que sólo habían sido aludidos por los mitos: el del deseo, el del dolor, el de la pérdida, el de la esperanza; incentivó también, por eso mismo, la experiencia de la discontinuidad —o de la conflictiva reunión— entre la pasión y la norma, lo dispersivo y lo gregario, las restricciones del sábado y los impulsos del hombre. Desde luego, esa iniciativa no puede explicarse sino en el vitalismo de las tradiciones judías pero ningún otro judío, acaso, las había interpretado como lo hizo él, o acaso ninguno encontró las circunstancias necesarias para que el estremecimiento causado por su vida y por su muerte se propagara con energía tan vasta e iniciara un recorrido tan pródigo en transformaciones.

El destino de Jesús fue como el de ningún hombre y fue también, como el de todos los hombres, un lugar de desencuentros. Quiso que los judíos entre los cuales se movió lo escucharan como a un profeta, pero esos judíos tenían una tradición que los había convencido de que ningún individuo hablaba la palabra de Dios porque Dios, desde hacía mucho tiempo, no se dirigía a ningún individuo para hacerle confidencias. Muchos, es cierto, esperaban el regreso de Elías y la convulsión que anunciaría ese regreso, ¿pero quién podía pensar que Elías regresara en la persona de un oscuro galileo? Así pues, con sus andanzas sólo alcanzó a sentar una precaria fama de curador, de

hombre alzado y palabrero. Más tarde, y muerto ya, judíos de lengua griega retomaron su nombre, pero eran gente demasiado exaltada o demasiado necesitada de la esperanza como para conformarse con la idea de que fuese apenas un profeta. En consecuencia reconocieron en él esa dignidad que ellos nombraban con una palabra que seguramente, desde su dialecto arameo, Jesús habría oído sin entender: *Kristós*. Más tarde aún, cuando el cristianismo comenzaba a proyectarse como una religión para gentiles, ya nadie podía conformarse con esa dignidad demasiado limitada al judaísmo. Jesús fue entonces el Hijo de Dios, es decir, Dios mismo. Un Dios extraño: había salido de una Virgen (cosa que sus discípulos, y aun el propio Pablo, no alcanzaron a saber) y sin embargo concurría a las bodas con tal gusto que no faltó quien asegurase que era “hombre glotón y bebedor de vino” (Mt. 11, 19); comía y bebía como los demás, es cierto, pero sobre todo había padecido; había necesitado conocer todo el oprobio de la carne y llegar a su último temblor. Una criatura, pues, de naturaleza impensable: el Dios-hombre de una religión de poder universal a la que todos los pueblos —salvo, quizás, los judíos— debían convertirse.

Nadie es profeta en su tierra ni entre sus parientes, dicen que él había dicho en la sinagoga de Nazareth un día sábado durante el oficio. Si Jesús no fue profeta entre los suyos tampoco lo fue entre los ajenos puesto que ellos le dieron otra fama: la de Ungido —Cristo— y aun la de Unigénito de Dios. Sabemos que no ser reconocido como profeta le inspiraba conmiseración, impaciencia, también cólera. ¿Qué habría sentido si hubiese imaginado que una institución gentil, más poderosa incluso que el Imperio, promovería su piedad tan increíblemente que millones de hombres quedarían obligados a nombrarlo como Dios? Dado que era judío, se puede conjeturar que hubiera visto en aquella enormidad por lo menos un pecado de blasfemia (y la confirmación, sobre todo, de que los gentiles nada saben de las cosas de ese Padre). Pero a tantos siglos de distancia, después de tan formidables transformaciones, conjeturar la opinión que sobre esta materia podría haberse formado un galileo se vuelve en realidad un ejercicio irrelevante.



ANGEL

Cuando un líquido se convierte en vapor

Gerardo Torres del Castillo

Departamento de Matemáticas, Instituto de Ciencias
Universidad Autónoma de Puebla

Todos los días se está en contacto con una gran cantidad de fenómenos físicos que pueden ser explicados mediante conceptos sencillos y frecuentemente ocurre que varios fenómenos que en apariencia no están relacionados entre sí se basan en algún hecho común. Un fenómeno muy conocido, que puede servir como ejemplo, es el de la ebullición de un líquido: sabemos que si se mantiene en calentamiento un recipiente con agua, la temperatura irá aumentando hasta que en algún momento el agua comenzará a hervir. Si se continúa calentando, ésta terminará por convertirse toda en vapor que se mezcla con el aire. Hasta aquí todo es muy familiar, pero hay un detalle importante en la conversión del agua (líquida) en vapor que puede observarse si se dispone de un termómetro adecuado (que pueda registrar temperaturas cercanas a 100°C). Cuando se calienta el agua en el recipiente, la temperatura del agua va aumentando poco a poco hasta antes de que comience a hervir, pero una vez que el agua ha comenzado a hervir la temperatura no aumenta más; todo el calor que se siga aplicando a partir de ese momento sirve solamente para que el agua se convierta en vapor, pero la temperatura no aumenta. En otras palabras, aunque el agua se encuentre a la temperatura de ebullición, para que se convierta en vapor es necesario proporcionarle calor adicional (llamado calor latente de ebullición; por cada gramo de agua a 100°C se necesitan 539 calorías).

Lo dicho anteriormente es cierto para cualquier líquido con la diferencia de que algunos hierven a menor temperatura que el agua (como, por ejemplo, el alcohol y el éter) mientras que otros hierven a mayor temperatura que el agua. Cualquier líquido necesita absorber calor para convertirse en vapor, aun cuando se encuentre a la temperatura de ebullición. La diferencia entre las

temperaturas de ebullición de los diversos líquidos se debe a que las fuerzas intermoleculares varían de uno a otro; mientras más débiles son estas fuerzas, más baja es la temperatura de ebullición.

Podemos señalar de inmediato una consecuencia útil de lo antes dicho. Muchos alimentos se cuecen en agua y ésta sirve aquí, entre otras cosas, para proporcionar un termostato difícil de mejorar artificialmente. Si uno pone verduras, por ejemplo, dentro de un recipiente sin agua a fuego directo, la temperatura aumentará y sabemos que las verduras terminarán por quemarse. En cambio, si ponemos agua junto con las verduras, mientras haya agua (líquida) en el recipiente, la temperatura no aumentará demasiado; es decir, por mucho que se mantenga el calentamiento, mientras no se evapore toda el agua, la temperatura no podrá pasar de la temperatura de ebullición de ésta.

Sabemos también por experiencia que no es necesario calentar el agua en una estufa para que se evapore, sino que basta con dejarla en cualquier recipiente abierto para que después de algún tiempo (que podría ser de varios días) se evapore por completo. La rapidez con que se evapora el agua, o cualquier otro líquido, en estas condiciones, depende entre otras cosas, de la extensión de superficie en contacto con el aire, de la temperatura y de la existencia de alguna corriente de aire que se encargue de ir retirando el vapor que se vaya formando. Esto explica por qué se siente frío cuando la piel está mojada, por ejemplo al salir de la regadera o de una alberca; el agua que está sobre la piel se va evaporando, para lo cual necesita absorber calor y lo toma de la piel, que entonces se enfría. Si existe alguna corriente de aire, la evaporación es más rápida y, por consiguiente, el enfriamiento de la piel es también más

rápido. La sensación de frío es más intensa si en lugar de tener agua sobre la piel se tiene alcohol o éter, debido a que estos líquidos tienen una temperatura de ebullición menor que la del agua.

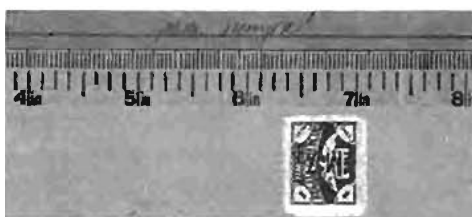
El efecto de enfriamiento producido por la evaporación de un líquido tiene diversas aplicaciones, algunas de las cuales ocurren sin que hagamos algo a propósito. En toda nuestra piel, aunque más concentradas en la frente, las palmas de las manos y las plantas de los pies, se encuentran distribuidas las llamadas glándulas sudoríparas que se encargan de llevar agua a la piel para que allí se evapore absorbiendo calor de nuestro cuerpo (un hombre que viva en un clima templado posee más de dos y medio millones de estas glándulas). De hecho, la piel elimina agua continuamente aun cuando la temperatura ambiente no sea alta, ya que el cuerpo necesita eliminar el calor que se genera constantemente en su interior. Una corriente de aire, que podemos producir al abanicarnos o mediante un ventilador, ayuda a que el sudor se evapore más rápidamente, haciendo que el proceso de enfriamiento sea más efectivo. Existe una segunda clase de glándulas sudoríparas, distribuidas en las axilas y alrededor de la ingle, que más que estar destinadas a producir enfriamiento, secretan sustancias que producen un olor característico. El cuerpo humano también pierde calor por evaporación de agua en la superficie de los pul-

mones, de tal manera que el aire que exhalamos contiene vapor de agua (como puede verse poniendo, por ejemplo, algún objeto de vidrio frente a la nariz o la boca). En el caso de los perros, este mecanismo de enfriamiento es más importante que la sudoración por la piel.

Un detalle importante que hasta aquí no se ha mencionado es el siguiente: cuando un líquido se evapora, el vapor producido se acumula en el aire que está en contacto con la superficie del líquido, pero hay un límite para la concentración de vapor que puede encontrarse en el aire. Cuando hay demasiado vapor de algún líquido, se condensa formando pequeñas gotas, regresando así a la forma líquida. Si se tiene algún líquido en un recipiente cerrado, una parte se evapora hasta llegar al límite en que el aire dentro del recipiente ya no acepta más vapor y el proceso se detiene. En cambio, en un recipiente abierto, el vapor puede salir y la evaporación puede continuar hasta que probablemente todo el líquido se consuma.

La máxima cantidad de vapor (o más precisamente, la máxima densidad que puede existir en el aire) depende de la temperatura; mientras mayor es ésta, mayor puede ser la concentración de vapor, por lo que si hay humedad en el aire y la temperatura disminuye, parte del vapor de agua que hay en el aire tiene que condensarse en pequeñas gotas que forman el rocío que suele aparecer por la mañanas. Por esta misma razón un vaso que contenga algún líquido frío se cubre de rocío si hay humedad en el aire. Por ejemplo, a una temperatura de 20° C, la máxima densidad de vapor de agua es aproximadamente de 0.00002 gramos por centímetro cúbico; esto significa que en una habitación mediana de 30 metros cúbicos puede haber, a lo más, unos 600 gramos de agua en forma de vapor.

Cuando hay mucha humedad en el ambiente, es decir, cuando el aire a nuestro alrededor tiene mucho vapor de agua, el sudor no se puede evaporar fácilmente por lo que casi no se produce enfriamiento y la sudoración continúa sin lograr su propósito. En tal caso se puede sudar abundantemente sin que se consiga bajar la temperatura de la piel, lo cual produce una sensación desagradable. En cambio, si prácticamente no hay vapor de agua en el aire se puede estar sin mayor moles-



tía rodeado de aire a temperaturas mayores a los 100° C.

Así como el agua o el sudor en nuestra piel la enfrían cuando se evaporan, en muchos refrigeradores se produce enfriamiento por evaporación pero, en lugar de utilizar agua, se emplea algún líquido que hierva a baja temperatura. En los refrigeradores tradicionalmente se emplea un compuesto conocido como freón que (a presión normal) hierva a 4.3° C. Cuando se hace pasar este líquido por los conductos que hay en las paredes del congelador, se evapora dentro de esos conductos, para lo cual tiene que absorber calor, enfriando así el interior del refrigerador. El vapor se convierte nuevamente en líquido comprimiéndolo mediante un motor (generalmente un motor eléctrico); pero al comprimirlo se calienta por lo que, antes de que se haga pasar de nuevo por los conductos del congelador, se enfría haciéndolo circular por un conducto que se encuentra en la parte de atrás, por fuera del refrigerador, donde el aire circundante se encarga de eliminar el exceso de temperatura de la sustancia refrigerante. Repitiendo el ciclo varias veces se logra bajar la temperatura dentro del refrigerador al valor deseado.

Otro factor importante en la ebullición de un líquido es la presión atmosférica: la temperatura a la que hierva cualquier líquido depende de la presión; mientras más baja sea, menor es la tempera-

tura a la que hierva. En el caso del agua, al nivel del mar hierva a los 100° C pero, por ejemplo, en un lugar como la ciudad de México, que está a más de dos mil metros sobre el nivel del mar, donde la presión atmosférica es menor, el agua hierva a una temperatura de 96° C y si se lleva un recipiente con agua a una altura suficientemente grande (de unos pocos kilómetros) el agua comienza a hervir sin necesidad de calentarla. Lo anterior tiene también importancia práctica ya que comúnmente se cocen los alimentos en agua hirviendo. Si esto se hiciera al nivel del mar se cocerían a una temperatura de 100° C, pero en un lugar a mayor altura sobre el nivel del mar, donde, por ejemplo, el agua hierva a 90° C, los alimentos se cocerían a 90° C y por lo tanto requerirían mayor tiempo de cocción (hay que recordar que cuando el agua comienza a hervir su temperatura ya no aumenta). Si, por el contrario, se pudiera aumentar la presión, el agua alcanzaría mayores temperaturas y eso permitiría reducir el tiempo de cocción consiguiéndose así un ahorro de tiempo y de gas o de energía eléctrica. Precisamente, en una olla de presión se aplica este hecho: el vapor de agua que se produce dentro de la olla no se deja escapar por completo, por lo tanto la presión aumenta. Eso hace que la temperatura de ebullición del agua aumente también, y en consecuencia los alimentos dentro de la olla se cocen a temperaturas superiores a los 100° C.

Como puede verse en los ejemplos citados, el estudio de algunos fenómenos permite entender otros y frecuentemente desarrollar aplicaciones prácticas. El deseo de comprender cómo funciona la naturaleza es el motor principal de la investigación científica y el dominio de este conocimiento es clave para su aplicación.

Lecturas recomendadas

Landau, L.D. y Kitaigorodski, A.I.. *Física para todos*. libro 2, Mir, Moscú, 1984.

García-Colín, L.. *Y sin embargo se mueven... Teoría cinética de la materia, La Ciencia desde México*, No.36, Fondo de Cultura Económica, México, 1987.

Trefil, J.S., *El panorama inesperado*, Biblioteca Científica Salvat, No. 39, Salvat, Barcelona, 1986.



N O

1

2

3

C

D

F

G

H

J



PIN: PROTEÍNA INHIBIDORA DE LA SINTETASA DE ÓXIDO NÍTRICO

Desde el descubrimiento del papel del óxido nítrico (NO) como mensajero para la comunicación intercelular, se ha producido una notable cantidad de información relacionada con su función. La investigación en este campo se ubica como investigación de frontera y se espera que un conocimiento más preciso de las funciones del NO permitirá desentrañar algunos de los misterios fundamentales de la organización de los sistemas biológicos.

Actualmente se sabe que la producción de NO se debe a la actividad de al menos tres tipos diferentes de enzimas denominadas sintetasas de óxido nítrico neuronal (nNOS), endotelial (eNOS) e inducible (iNOS). Las sintetasas neuronal y endotelial se ubican en esos tejidos; la iNOS es una enzima que se produce únicamente bajo la influencia de algún estímulo (por ejemplo en los macrófagos, cuando éstos son activados) y se encuentra principalmente en células del sistema inmune.

Las tres formas de la NOS son inactivas hasta que la enzima interactúa con el complejo calcio-calmodulina. Entonces, para que un proceso determine la generación de

NO, se requiere inicialmente de un aumento de la concentración de calcio en el interior de la célula; este calcio se une a la calmodulina (proteína con una alta afinidad por el calcio), y el complejo calcio-calmodulina induce la activación de la NOS. La NOS convierte al aminoácido arginina en leucina y NO.

El NO tiene propiedades muy peculiares ya que al tratarse de un gas altamente difusible, tiene la capacidad de atravesar las membranas celulares y difundir en los espacios intra y extracelulares. Así, cuando una célula produce NO, éste se escapa de la célula inmediatamente, difundiendo libremente; esto determina que el NO sea imposible de almacenar en las células, y que su acción se ejerza de manera inmediata en las células vecinas a aquéllas que lo producen. Este hecho le confiere propiedades peculiares ya que, a diferencia de otros mediadores de la comunicación intracelular, no puede ser almacenado y liberado de forma regulada. Entre sus propiedades, este gas tiene la de activar a una enzima muy relevante que es la ciclasa de guanosin monofosfato de tipo soluble (cGMP), generando con ello una cadena de eventos secundarios en el metabolismo celular. En la tabla I se muestran algunos de los procesos celulares que son modificados por la activación de la cGMP.

En resumen, tenemos una cadena causal de eventos (estímulo, aumento de calcio intracelular, formación del complejo calcio-calmodulina, activación de la NOS, producción del NO, difusión de esta molécula, activación de la cGMP) que determina que las células vecinas a las que producen NO modifiquen significativamente su metabolismo y su funcionamiento.

Curiosamente, a diferencia de otras moléculas conocidas como mensajeros intercelulares, el NO no

puede ser almacenado en la célula que lo produce, por ello, es necesario regular de manera muy precisa su producción. Es en este sentido que adquiere especial importancia el hallazgo que reportan Jaffrey y Snider en la revista *Science*¹. Estos autores han logrado caracterizar una proteína que han denominado como proteína inhibidora de nNOS (PIN), la cual se localiza predominantemente en el cerebro, y que se une selectivamente a la nNOS disminuyendo su actividad de forma dosis dependiente.

PIN es una proteína de 89 aminoácidos que presenta una gran conservación en diferentes especies. Por ejemplo, la proteína extraída del cerebro de ratas es 100% semejante a la del cerebro humano y 63% en relación con la que se encuentra en bacterias. Ello implica que esta proteína sirve importantes funciones biológicas y de ahí su alta conservación a lo largo de la evolución. En experimentos de tipo fisiológico se ha demostrado que PIN inhibe de manera altamente selectiva y en concentración dependiente la actividad de la nNOS. Concentraciones de 1 μ M de PIN reducen la actividad de la nNOS en un 50%. El mecanismo de acción de PIN parece ser debido a que impide que las moléculas de nNOS formen un dímero que es esencial para su actividad.

Un elemento que destaca la relevancia de esta proteína es el que moscas mutantes que carecen de los genes que determinan la producción de PIN mueren durante su desarrollo embrionario. Esto indica su papel fundamental en la embriogénesis de estos organismos.

No cabe duda de que el descubrimiento del NO como mensajero de la comunicación intercelular ha abierto un campo muy fértil de la investigación, aclarando diversos procesos de relevancia fisiológica (por ejemplo, el NO

participa en la regulación del tono vascular y la respuesta de los macrófagos). Queda aún por definir de manera precisa su participación en los procesos de aprendizaje y fenómenos plásticos en el sistema nervioso.

Por todo lo anterior, resulta de especial trascendencia conocer los procesos que regulan el metabolismo del NO, y con ello sentar las bases para el diseño de nuevos fármacos que pudieran aumentar o disminuir selectivamente su producción.

¹ Jaffrey, S.R. y Snyder, S.H. "PIN: an associated protein inhibitor of neuronal nitric oxide synthase". *Science*, 1996. Vol. 274, pp. 774-777.

Enrique Soto E.



LOS MICROBIOS EN LA PROFUNDIDAD DE LA TIERRA

Organismos unicelulares como bacterias, hongos y protozoos, se encuentran en toda la superficie de la Tierra; los lugares donde habitan pueden variar desde agua hirviendo de fuentes termales hasta suelos congelados. Los microorganismos prestan un servicio esencial a algunas criaturas produciendo nutrientes, en tanto que a otras las afectan alterando su naturaleza y provocando enfermedades. Actualmente muchos de ellos son utilizados para el control de pestes, elaboración de antibióticos y

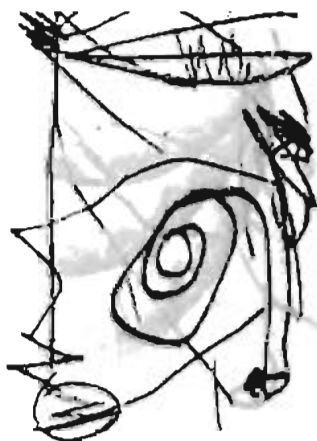
para estudios relacionados con el mejoramiento de la vida.

El primer indicio de que los microorganismos habitan también en las profundidades de la tierra data de 1920; Bastin, geólogo, propuso que el agua extraída de los mantos petrolíferos contenía ciertas sustancias debido a la presencia de bacterias que producen sulfuro de hidrógeno y bicarbonato cuando degradan componentes orgánicos del petróleo. Investigaciones posteriores encontraron microorganismos a una profundidad de 2.8 Km. a temperaturas cercanas a los 75° C. El máximo de temperatura y profundidad que los microorganismos pueden tolerar aún no se conoce, pero se han encontrado bacterias en material ígneo de volcanes marinos a 110° C. Bulkwill, de la Universidad de Florida ha catalogado más de 9,000 microorganismos en el subsuelo.

Todos estos datos indican que la vida existía en la tierra antes de que la fotosíntesis se encontrara involucrada, lo que puede tener profundas implicaciones en la búsqueda de vida en otros mundos.

Fredrickson, J.K. and Onstott, T.C. "Microbes deep inside the earth", *Scientific American*, 1996, vol. 275, pp. 68-73.

Jorge Cebada



ANALOGÍA ENTRE LOS SISTEMAS INMUNOLÓGICOS DE LAS PLANTAS Y LOS ANIMALES

Las plantas tienen mecanismos de defensa ante agentes patógenos que alteran su integridad; por ejemplo: en el tomate, la activación de genes de defensa es inducida en respuesta al daño producido por herbívoros o bien, por un efecto mecánico. Este mecanismo de defensa es mediado por un polipéptido llamado sistemina, que se deriva de un aminoácido precursor llamado prosistemina, similar a hormonas y al factor de crecimiento en animales. La sistemina activa una cascada de señales similar a la encontrada en los animales ante agresiones patógenas. Bergey y colaboradores reportan que la sistemina es la principal señal para la síntesis de proteínas que actúan en respuesta a la agresión por agentes patógenos. Estos mecanismos de defensa del tomate son similares a las señales que activan a los macrófagos en los animales y sugieren que ambas vías pueden estar relacionadas en un origen ancestral común.

Bergey, D.R., Howe, G.A. and Ryan, C.A. "Polypeptide signaling for plant defensive genes exhibits analogies to defense signaling in animals". *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 1996, vol. 93, pp. 12053-1205.

A. O. Cambranis



POSIBLE ORIGEN GENÉTICO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON

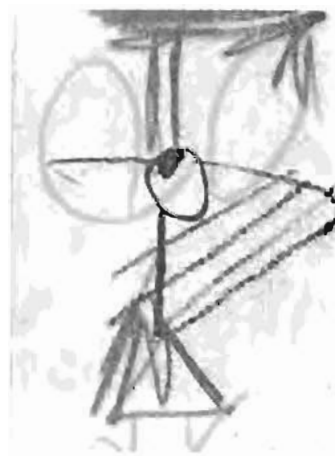
La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo que se conoce desde hace casi dos siglos. Descrita en 1817 por el médico inglés James Parkinson, sus principales manifestaciones clínicas son temblor en reposo, rigidez muscular, dificultad para iniciar los movimientos, inestabilidad postural y reducción en la amplitud y velocidad de los movimientos voluntarios

Durante los últimos cien años se ha debatido intensamente acerca de si esta enfermedad es hereditaria o más bien es provocada por factores ambientales; en algún momento del debate, ciertas evidencias orientaron la opinión hacia la hipótesis ambientalista. Sin embargo, un trabajo reciente publicado por un grupo de genetistas encabezados por Mihael Polymeropoulos, aporta la primera evidencia contundente de que la enfermedad tiene un fuerte componente genético. Estos investigadores analizaron muestras sanguíneas de 400 miembros de una familia de origen italiano propensa a la enfermedad de Parkinson. Sus hallazgos no dejan lugar a dudas: una región del cromosoma 4 se encuentra poderosamente ligada a la enfermedad. Este descubrimiento –a decir de los autores– sugiere que anomalías en un único gen pudieran ser suficientes para causar el fenotipo de la enfermedad de Parkinson aunque, por el

momento, no se descarta la posibilidad de que factores ambientales pudiesen desempeñar también un papel importante en el origen de la enfermedad.

Polymeropoulos, M.H., Higgins, J.J., Golbe, L.I., Johnson, W.G., Ide, S.E., Di Lorio, G., Sanges, G., Stenroos, E.S., Pho, L.T., Schaffer, A.A., Lazzarini, A.M., Nussbaum, R.L. and Duvoisin, R.C. "Mapping of a gene for Parkinson's disease to chromosome 4q21-q23". *Science*, 1996. vol. 274, 1197-1199.

José Emilio Salceda



ADAPTACIÓN A LA OSCURIDAD EN LOS OJOS DE LOS VERTEBRADOS

La luz se propaga a gran velocidad y proporciona al organismo imágenes fieles del medio ambiente en forma instantánea y continua. Para que la luz pueda ser percibida es necesaria la presencia de estructuras sensibles; estas estructuras se llaman fotorreceptores. En animales vertebrados existen, al menos, dos tipos distintos de fotorreceptores: los conos y los bastones; ambos poseen fopigmentos que reaccionan en presencia de luz; a este efecto de la luz sobre los fopigmentos y a la secuencia de eventos que se

desencadenan como consecuencia de la interacción de la energía luminosa con ellos se le llama fototransducción. La exposición del ojo a la luz blanquea una fracción significativa de fopigmento en los bastones y los conos, produciendo un decremento prolongado en la sensibilidad visual. La cual se recupera lentamente hasta que el pigmento se ha regenerado. Un grupo de investigadores ha descrito recientemente que el decremento en la sensibilidad visual es producido, en gran parte, en la cascada de la fototransducción por un pigmento blanqueante que presenta un efecto equivalente al producido por la iluminación constante. La excitación producida por esta forma de rodopsina (fopigmento) que se encuentra previamente inactiva tiene un efecto importante en la fisiología del fotorreceptor. Ello indica la posibilidad de que diversas variedades de proteínas G acopladas a receptores, pero que pudieran encontrarse inactivas, jueguen un papel importante en la fototransducción y en algunas enfermedades.

Fain, G.L., Matthews, H.R. and Cornwall, M. C. "Dark adaptation in vertebrate photoreceptors", *Trends in neurosciences*, 1996. vol. 19, pp. 502-506.

Aida Ortega



AVANCES EN EL ENTENDIMIENTO DE LA ADICCIÓN A LA MORFINA

La morfina es uno de los principales alcaloides activos del opio y se ha usado ampliamente en la medicina para el tratamiento de dolores severos: pero la euforia que produce y sus propiedades adictivas, en particular las de su derivado sintético, la heroína, han originado que el uso de esta droga represente un severo problema médico y social.

Matthes y colegas dan una nueva luz a este problema. Ellos han mostrado que un ratón que carece de los receptores opioides μ (MOR) no presentan las respuestas normales a la morfina, como por ejemplo, dependencia después de repetidos tratamientos con esta droga. Estos resultados permiten proponer a MOR como el principal mediador de algunos efectos farmacológicos de la morfina.

Pert y Snyder fueron los primeros en mostrar la existencia de receptores opiáceos estereoselectivos en fragmentos de cerebro de rata, proporcionando la primera aproximación bioquímica al estudio de los receptores opiáceos. Kosterlitz y Paterson hicieron un detallado estudio farmacológico que permitió encontrar tres subtipos de receptores opiáceos: μ , δ y κ . Matthes y colaboradores indican que MOR es uno de los más importantes. El ratón tratado con morfina no muestra reducción de respuesta en una prueba de dolor agudo y, como se mencionó anteriormente no muestra dependencia a la droga. Los efectos de la morfina, tanto analgésicos como eufóricos y adictivos no son observados en el ratón sin receptores MOR. Los receptores opiáceos δ y κ podrían estar involucrados de alguna manera en los efectos analgésicos de la morfina. Sin embargo, la función biológica de estos receptores aún es muy difícil de discernir y el

entendimiento cabal de las acciones de esta droga se ha dificultado aún más por el descubrimiento de nuevos miembros en la familia de los receptores opioides, los llamados receptores ORL y FQ.

Matthes, H.W.D. y cols. "Loss of morphine-induced analgesia, reward effect and withdrawal symptoms in mice lacking the μ -opioid-receptor gene", *Nature*, vol. 383, no.6603, octubre 1996, pp. 819-823.

Abel Martínez



LA FUNCIÓN DE LA AMÍGDALA EN EL PROCESAMIENTO DE LA PROYECCIÓN EMOCIONAL

La amígdala y otras estructuras que conforman el sistema límbico participan, junto con el hipotálamo, en la expresión física de la emoción; la corteza cerebral está asociada con los aspectos subjetivos de los sentimientos y las emociones, en tanto que el sistema nervioso autónomo promueve muchas de las expresiones físicas que se asocian con esos aspectos. Una teoría menciona que el sistema límbico integra los componentes cerebrales y autónomos de la emoción.

Se sabe que la amígdala tiene un papel importante en la conducta social y emocional. Estudios en animales

implican a la amígdala en el condicionamiento del miedo y en la percepción del rostro. En humanos, la lesión de la amígdala puede causar deficiencia en el reconocimiento de las expresiones faciales de temor y deteriorar el condicionamiento del miedo; su estimulación eléctrica directa evoca las expresiones emocionales de temor.

Recientemente, Morris y colaboradores han reportado evidencias directas, *in vivo*, de respuestas neurales diferenciales en la amígdala humana ante expresiones faciales de temor y de felicidad. Por medio de tomografía por emisión de positrones midieron la actividad neural en sujetos que miraban fotografías de personas con caras felices, variando sistemáticamente la intensidad de la expresión emocional. La respuesta neuronal —medida en la amígdala izquierda— fue significativamente mayor ante la expresión de miedo, en tanto que una respuesta menor fue obtenida con la expresión de felicidad; esta respuesta mostró una interacción significativa con la intensidad de la emoción (se incrementaba cuando aumentaba la expresión de miedo y se decrementaba cuando la expresión de felicidad era mayor). Estudios etnológicos sugieren que la expresión facial de la emoción es innata, automática y de importancia crítica en la conducta social. Los resultados del grupo de Morris proporcionan una evidencia directa de que la amígdala humana se encuentra involucrada en el procesamiento de la proyección emocional de la expresión facial de miedo.

Morris, J.S., Frith, C.D., Perret, D.I., Rowland, D., Young, A.W. and Dolan, A.J. "A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expression", *Nature*, Vol. 383, octubre 1996, pp.812-815.

Aida Ortega



JULIO GLOCKNER: TIEMPERO DE TIEMPEROS. EN TORNO AL LIBRO *LOS VOLCANES SAGRADOS**

EDITORIAL GRIJALBO, MÉXICO, 1996

No sé cuántas tardes de nuestra vida hemos visto morir acunadas por la luz enigmática y embriagadora de los volcanes. Nunca me pregunté las razones de mi atracción por ellos. Me bastaba su imponente belleza para considerarlos cosa sagrada, me bastaba saber que estuvieron ahí cuando abrimos los ojos a su presencia y que tenían tomada nuestra vida desde la edad en que los recuerdos aún no empiezan a serlo. Impávidos y insatiados y remotos. Todas nuestras pérdidas han de pasar por ellos y cuanta historia nos conmueve la saben sus abismos. Eso intuí desde siempre, como tantos de ustedes, de ahí que enfrentar el prodigioso libro que Julio Glockner ha tenido la generosidad y la audacia de regalarnos, resulte de muchos modos perturbador y apasionante. Sé que *Los volcanes sagrados* será un libro importante para cualquier-

* Texto leído en la presentación del libro *Los volcanes sagrados*, de Julio Glockner, el 29 de noviembre de 1996 en la Biblioteca Lafragua de la Universidad Autónoma de Puebla.

ra que tenga el privilegio y el valor de lidiar con él, pero es crucial y está aún más lleno de significado, de pesares y alegría para quienes desde siempre y sin saber por qué hemos sentido reverencia por el par de montañas bajo las cuales crecimos.

Es éste un libro escrito con humildad y sencillez, con respeto y sabiduría. Hacen tanta falta libros así. Desde el primer capítulo el escritor, que así es como hay que llamarlo por más que su profesión sea la de antropólogo y es probable que termine siendo la de historiador y tiempiero, se pone frente a sus lectores con la naturalidad de quien sabe eso que nos dice como al pasar, al hablar del tiempo geológico: la vida humana es apenas un suspiro en la edad del mundo. Y una de las razones por las cuales nos conmueve la silueta de los volcanes recortando el aire desde hace millones de años es que el aire cruzando sobre sus bosques es una alegoría de la eternidad. Una de las razones, pero de ninguna manera la única. Julio Glockner ha dedicado una intensa parte de su vida a investigar, conocer y reconocer muchas de las otras. Después las puso por escrito, en un castellano sencillo y elocuente y nos las entregó en cada una de las páginas de éste que es un hermoso y desquiciante libro sobre los mitos y los rituales en torno al *Popocatepetl* y la *Iztaccihuatl*.

Hermoso libro porque convoca lo mejor de nosotros y trae a nuestra memoria el recuerdo ancestral de la magia y el sueño que alguna vez fueron la única explicación del mundo.

¿Por qué desquiciante? se preguntarán ustedes, me lo pregunté yo a lo largo de los dos días en que me persiguieron sus narraciones. Porque éste es un libro por el que cruza lo mejor y la más terrible de nuestra historia, porque es un reto saber el espanto que cabe en aquello que sin más reconocimos desde siempre como

entrañable y sin embargo inocente. Nuestros volcanes. Era inocente la leyenda *náhuatl* del amor entre los volcanes que escuchamos de niños, pero más inocente ha sido siempre la leyenda en que vivimos quienes nos atrevimos a considerarlos nuestros, como si fuera posible poseer completos sus peligros y acantilados. Los volcanes, los bellísimos volcanes han convocado la pasión, el delirio, la religiosidad y la vena aventurera de tantos de nuestros antepasados, que duerme bajo su nieve más sangre y más dolor del que imaginamos, del mismo modo en que han propiciado más sueños y riquezas que los engarzados en la bucólica paz con que los contemplamos creyéndolos nuestros.

Con paciencia de antropólogo y curiosidad de historiador Julio Glockner recupera las leyendas, los cuentos, las ambiciones y delirios que ahora mismo provocan estos volcanes entre los campesinos que los habitan, los veneran y les temen. Describe sin juzgarlos los, para mi gusto, extraños cultos y terribles sacrificios de los *náhuatls* en homenaje al dios *Tlaloc* oculto y manifiesto en las aguas de los volcanes, recupera la prejuiciada y temerosa versión de los frailes, encuentra los paralelos entre los cultos de antes y los de ahora, describe con paciencia y reverencia las actuales ceremonias, el sincretismo y la sencillez de los nuevos cultos.

Hay un orden encomiable en la sucesión de capítulos del libro, un orden que nos lleva de la mano hasta las conversaciones entre el escritor y los actuales encargados de las ceremonias en que se ruega a los volcanes que envíen agua, buenas cosechas, sol y arcoiris sobre los campos empobrecidos y febriles de quienes viven custodiándolos.

Como sin darnos cuenta vamos de los aztecas a los frailes y de éstos a una conversación y otra de las muchas

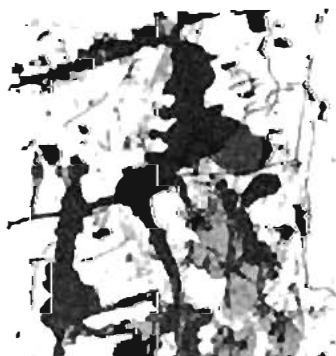
que a lo largo de años de cuidado y paciencia Glockner hizo crecer entre los campesinos y el observador, entre el observador que dejó de serlo y el tiempero, el agorero del tiempo que aún no puede ser. Todo esto, toda la reverencia por una cultura ensimismada y vuelta al pasado, visto con los ojos y palabra. Me gusta volver sobre la buena prosa, elegante, precisa, juguetona. Dice por ejemplo:

Estábamos sentados a la orilla de un camino de tierra, con la cabeza del volcán a nuestras espaldas asomando entre las nubes, como un dios padre con cabellos de hielo mirando fijamente hacia los valles con los más diversos cultivos. Frente a nosotros, hacia el sur, las serpenteantes barrancas se abrían paso entre cerros y lomeríos, sembrados de maíz y frijol, las abruptas y silenciosas cañadas iban suavizando sus formas mientras descendían hasta convertirse en un valle.

A los ojos de un tiempero, los movimientos de las nubes en el cielo y la fuerza de los vientos que las juntan o dispersan, se deben a una voluntad sobre la cual se puede actuar mediante la plegaria y la magia.

Un guajolote que era el retrato mismo de Samuel Beckett, nos miraba como si estuviera interesado en nuestra conversación, luego inclinaba la cabeza hacia un lado para buscar en el piso algún grano de maíz y se lanzaba sobre él con avidez. Don Antonio continuó su relato.

Y entonces Glockner transcribe la narración alucinante de un hombre al



que el volcán se le aparece en la forma de un señor que le pide comida, ropa, cariño, homenajes absurdos como un traje de licenciado y uno de guerrero azteca.

Conoce y quiere también a una tiempera de noventa y cuatro años que sueña que el volcán es su marido, y que la abraza con su hálito helado y sobrecogedor. Dice Glockner:

Para doña Teófila no existe una ruptura entre el sueño y la visión con la vigilia o la sobriedad, no pertenecen a realidades distintas, al contrario hay una continuidad, una correspondencia entre ambos mundos fincada en la revelación de lo sagrado.

¿Quién me dice esto, quién me habla de un sueño, de una revelación? ¿Es Glockner un místico? ¿Un pasado? No, y eso es lo que lo hace admirable, es un laico, está bajo la luz de sus palabras que es un agnóstico, pero respeta y reverencia la fe de otros. Acompaña a los tiempingos a colocar su ofrenda, guarda en su memoria el delantal limpiecito de doña Teófila, su voz trémula, sus cuentos de infancia. Bebe con Don Antonio entre niños y guajolotes, establece con ellos un vínculo mágico, los trae hasta el corazón y la cabeza de quienes miramos el mundo de otro modo, y nos convoca a reconocer que nuestros pensamientos no son ni mejores ni peores, sino distintos y aunque no lo sepamos, tocados por el sueño ancestral de otros. El trabajo de Glockner en este libro, su empeño, parece ser el de crear vínculos. Hay a lo largo de todo el libro la empecinada vocación de un tolerante, de alguien capaz de encontrar cercanía entre la idea de los sueños que pueden tener María Zambrano o Gérard de Nerval y el trato con los sueños, el modo de percibirlos que tienen los trabajadores del tiempo en los volcanes.

Por eso es tan apasionante la lectura de este libro. Porque no es un



libro cojo, porque no se atiene a verdades a medias, porque acepta que hay sabiduría y benevolencia, talento, dignidad y valor en modos distintos y a veces opuestos de ver el mundo. Ni siquiera la cerrazón de los frailes catequizadores lo espanta; sabe buscar en sus palabras, oír en ellas lo que necesita saber. No descalifica, integra, hace de su libro y de su visión del mundo una muestra del sincretismo que tanto lo fascina cuando lo descubre en cada uno de los rituales y mitos que aún rigen la vida en torno a los volcanes. Y es capaz de ir más allá en su afán por entender lo que mueve y conmueve el mundo en que indaga. De pronto quién sabe cómo en uno de los últimos capítulos, da con un tiempo en el siglo pasado en que el volcán tuvo dueño y ese dueño ambiciones. Nos cuenta entonces, tras la espeluznante descripción de lo que fue la primera ascensión al volcán de un grupo de conquistadores, lo que fueron las expediciones en busca de azufre y riquezas que organizó un general porfirista empeñado en industrializar la fuerza y la barbarie del Gregorio Popocatepetl.

Ser dueño de un volcán no debió ser un asunto cualquiera y mucho menos tratándose del más importante de aquel México indeciso entre el imperio y la república. El general, a diferencia del *Principito* de Saint Exupéry, no tuvo una actitud meramente contemplativa con su volcán y puso manos a la obra pues de lo que se trataba era de sacarle el mayor provecho.

Para terminar el capítulo que llamó

“El volcán dinamitado”. Glockner transcribe la narración que de tal hecho le hizo al doctor Atl el único sobreviviente de la catástrofe provocada por la dinamita. Me resulta imposible transmitirles el horror de semejante relato, tras leerlo no volveré a mirar hacia los volcanes con ánimo ingenuo y condescendiente.

No quiero sólo hacer el elogio de un libro que, como está claro, me pareció fascinante. Quiero más. Quiero convencerlos a ustedes de que no es posible transmitir la experiencia que fue leerlo y de que en cambio, Glockner sí consigue a lo largo del texto transmitir el gozo que le provocó acercarse y conocer el irrevocable mundo que ha latido y late bajo los volcanes.

¿Cree Glockner en las cosas que le cuentan y nos cuenta? Es ésta una pregunta inevitable en algunos momentos de su libro. Ya lo dije antes: se percibe la mirada y la voz de un académico del escéptico y tardío siglo veinte. Por eso es particularmente entrañable la confesión con que termina su libro.

He esperado estos años la visita onírica de alguno de los volcanes, pero ha sido en vano. Por ahora debo conformarme con aquella sentencia de Pascal que dice: “Consuélate, no me buscarías si no me hubieses encontrado”

Hay muchas cosas agradecibles y valiosas en este libro. Por más que una pierda el sueño y se encuentre de pronto a media noche, inquieta y desolada como si sus pensamientos hubieran quedado a merced de una tormenta en la cúspide de Rosita la volcánica *Iztaccihuatl*. No quiero terminar sin agradecerle a su autor, el sentido del humor, la distancia crítica, el compromiso intelectual, y la sabia y respetuosa percepción de lo sagrado con que iluminó su narración y nuestras quimeras.

Ángeles Mastretta



*LA BÚSQUEDA CIENTÍFICA
DEL ALMA*

FRANCIS CRICK
EDITORIAL DEBATE,
BARCELONA, 1994

Evidentemente cualquier libro cuyo autor sea Francis Crick despertará curiosidad por parte de aquellos que nos dedicamos a las ciencias biológicas. En este caso se trata de un texto que recoge las reflexiones del autor en el campo de las neurociencias y el origen de la conciencia humana.

Se trata de un libro en el que fundamentalmente se plantean interrogantes. El autor se pregunta y reflexiona en torno a lo que él piensa son los caminos más adecuados para encontrar respuestas relativas al origen de la actividad mental. En contra de lo que estamos acostumbrados, no se nos ofrecen hipótesis en torno al origen de la actividad mental, pero sí una clara delimitación de lo que la ciencia ha avanzado en este terreno y lo que pudiera avanzarse en un futuro cercano. Francis Crick establece con autoridad lo que él considera como la premisa fundamental para avanzar en el conocimiento de la actividad mental, lo que él llama, la hipótesis sorprendente. Ésta plantea que todos los eventos mentales tienen un

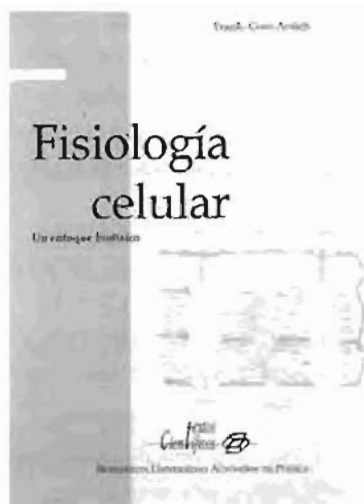
correlato en la actividad neuronal. Así, por ejemplo, necesariamente deberá existir en el cerebro un grupo de neuronas o circuitos que modifiquen su actividad eléctrica cuando nos hacemos conscientes de un determinado hecho. Considera Crick que la búsqueda de estos grupos neuronales que determinan la percepción consciente es ya una tarea asequible para el neurocientífico y que debe ser emprendida de inmediato.

El libro es bastante disparate; tiene algunos capítulos especialmente lúcidos, donde los problemas se abordan a toda profundidad, en tanto en otros, el análisis de los problemas es más superficial. A pesar de ello pienso que es una lectura obligada para todos los estudiantes interesados en la actividad mental, quienes en el libro encontrarán un análisis preciso del sustrato material de nuestra actividad intelectual, particularmente en lo que a la conciencia visual se refiere.

Igualmente, me parece una lectura obligada para los especialistas; tanto neurólogos clínicos como neurocientíficos en general encontrarán una lectura estimulante y perfectamente planteadas algunas de las preguntas fundamentales que guiarán el desarrollo de las neurociencias en el futuro cercano.

Con este texto Francis Crick nos muestra la universalidad de sus intereses y la profundidad de sus ideas. Queda claro que sus intereses y profundidad de pensamiento lo han llevado mucho más allá del oropel de los grandes premios y reconocimientos.

Enrique Soto



FISIOLOGÍA CELULAR
(UN ENFOQUE BIOFÍSICO)
FRANK CORO ANTICH
 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
 PUEBLA, MÉXICO, 1996

Bajo los auspicios del Instituto de Fisiología y de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado, la Universidad Autónoma de Puebla, en su colección *Textos Científicos*, edita este libro que, sin duda, viene a llenar un hueco en la bibliografía básica que en Iberoamérica existe sobre la materia.

Dirigido a estudiantes de licenciaturas en ciencias biológicas, *Fisiología celular (un enfoque biofísico)* es un texto en el que el lector descubrirá, con apenas hojearlo, varias virtudes; la mayor de ellas es, a mi parecer, su claridad. La amplia experiencia docente del autor se ve reflejada en una estructura didáctica rígida en cuanto a sus objetivos, pero flexible en sus métodos. La exposición de los temas es transparente y sistemática; cuando se requiere, el análisis de los principios biofísicos incluye deducciones matemáticas completas; jamás se escatima una ilustración si ésta ha de servir para que un concepto sea plenamente comprendido; los ejemplos —basados en resultados experimentales— son esclarecedores en su contenido y generosos en su número. Acaso el afán pedagógico del autor se sobreexpresó

un poco en el uso de negritas para resaltar conceptos, pero ese es un detalle menor que no demerita en nada la apreciación general del libro.

Cinco secciones principales constituyen el esqueleto del texto: transporte de no electrolitos y agua, transporte de electrolitos, excitabilidad, movimiento mecánico celular y procesos fotobiológicos. En todas ellas se describen con suficiencia las bases físicas y físico-químicas de los fenómenos, así como las estructuras biológicas involucradas en los procesos celulares que se estudian. Siempre que resulta pertinente, se describen las características estructurales y funcionales de las moléculas involucradas en determinado proceso.

La primera sección discute ampliamente las características estructurales y energéticas de la membrana citoplasmática como preámbulo al análisis de los procesos de difusión, permeabilidad simple, ósmosis y transporte mediado de no electrolitos.

En la segunda sección se estudian las fuerzas que actúan sobre los electrolitos, enfatizando el importante papel que desempeñan en el establecimiento del equilibrio iónico celular y el potencial de membrana de las células. Al final del capítulo se revisa la forma en que los mismos mecanismos que regulan la composición de solutos en el citoplasma de células individuales, también producen flujos netos de soluto a través de capas completas de células en los llamados epitelios de transporte.

La tercera es la sección más amplia. En ella se discute la fisiología de las células excitables. Inicia con el análisis de las propiedades eléctricas de la membrana axoplasmática, y a continuación aborda los mecanismos de generación, propagación y transmisión del potencial de acción deteniéndose, siempre que resulta pertinente, en el examen de los mecanismos moleculares

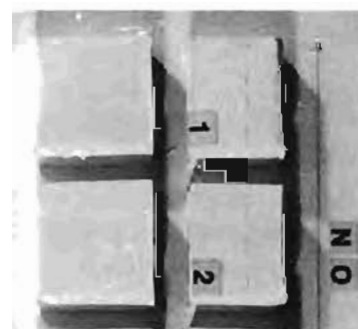
involucrados en los fenómenos que se discuten.

El capítulo cuarto trata los fenómenos relacionados con el movimiento mecánico celular, enfatizando especialmente aquellos aspectos relacionados con la contracción muscular, tales como la morfología del músculo esquelético, la estructura molecular de los miofilamentos, las bases moleculares de la contracción y el mecanismo de acoplamiento excitación-contracción. Al final de la sección se discuten aquellos mecanismos moleculares que comparten los sistemas biológicos cuya fisiología incluye algún tipo de movimiento mecánico (muscular, ciliar, flagelar, amebode, citoplasmático, etc.).

La quinta sección está dedicada a los procesos que ocurren en los sistemas biológicos como consecuencia de la absorción de energía de la radiación electromagnética; contiene sendos apartados que se refieren a la fotosíntesis de carbohidratos y a la fisiología de los fotorreceptores en los vertebrados. El libro está complementado con un índice de abreviaturas, constantes y variables, otro analítico y una lista de bibliografía que incluye libros y artículos.

En resumen, *Fisiología celular...* es un texto didáctico, meticoloso y bien escrito que, probablemente, pronto se convierta en referencia obligada para estudiantes y docentes de ciencias biológicas.

José Emilio Salceda





**LAS SUSTANCIAS DE LOS SUEÑOS:
NEUROPSICOFARMACOLOGÍA**
SIMÓN BRAILOWSKY
FONDO DE CULTURA ECONÓMICA
LA CIENCIA DESDE MÉXICO
MÉXICO, 1995

Este libro trata sobre la neuropsicofarmacología, considerada como una rama de la medicina que estudia el efecto de diferentes fármacos sobre el cerebro, en especial sobre las neuronas y los procesos de comunicación entre ellas, como es la sinapsis.

La idea que prevalece durante todas las secciones del libro, es la relacionada con el hecho de que para entender cómo funcionan los fármacos en el sistema nervioso, es necesario conocer su estructura química, los factores que determinan su potencia y cómo interactúan con los receptores a diversas sustancias producidas endógenamente. Para facilitar este conocimiento, el autor dividió el libro en cinco partes estrechamente vinculadas, de tal manera que a medida que se avanza en la lectura se integran las partes de un rompecabezas.

La primera parte explica los conceptos básicos sobre la anatomía y el funcionamiento nervioso, el comportamiento y los neurotransmisores

(diversas sustancias que sintetizan las células nerviosas y hacen posible la comunicación entre ellas) y el papel de los receptores característicos de éstas. En esta primera parte, el autor dedica un apartado para describir los métodos existentes para el estudio del sistema nervioso central, enfatizando que hay factores que deben ser considerados cuando se evalúa la utilidad de una técnica, como son la resolución temporal y espacial que posee, así como el grado de invasividad que tiene.

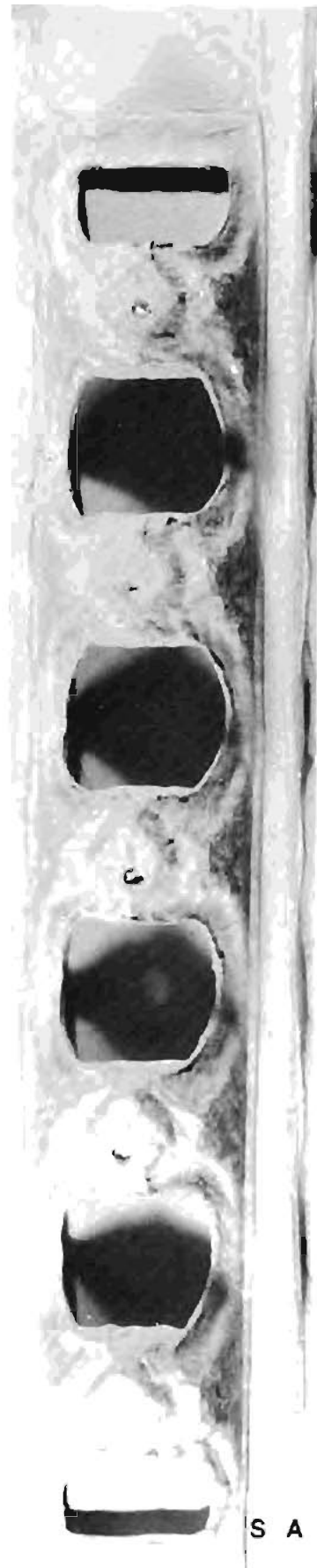
La segunda parte se aboca al estudio de los fármacos propiamente dichos. Se aborda un poco de la historia de cada uno de ellos, así como aspectos de su administración, absorción, metabolismo y eliminación del organismo. Se explican conceptos como vida media, concentración eficaz, afinidad, efectos placebo, etc. Más adelante se explican sus mecanismos de acción farmacológica.

En la tercera y cuarta parte se hace una revisión sobre las sustancias agrupadas en familias que tienen una acción específica sobre el sistema nervioso, considerando básicamente dos grandes grupos: los neurofármacos y los psicofármacos, en éstos últimos, se examinan aspectos fisiológicos, bioquímicos, sociales y culturales.

En la última parte, la quinta, se abordan conceptos como adicción y tolerancia. En esta sección se discuten experimentos realizados en modelos animales que han permitido conocer los mecanismos que subyacen a conductas de adicción, tolerancia y dependencia física de diversos fármacos como los estimulantes.

Este libro es una excelente obra de divulgación escrita en un lenguaje sencillo y claro que permite adquirir conocimientos básicos sobre el funcionamiento de las neuronas, de los neurotransmisores y de cómo el ciclo de éstos se altera por la administración de fármacos de diversa índole.

Amira Flores





LUZ MARÍA GENIS

Nació en Puebla en 1966. Estudió en el Instituto de Artes Visuales de Puebla (1986-1990). Desde 1986 ha expuesto en diversas muestras colectivas. Inspirada en lo que Kandinski define como "la necesidad interior" en su libro *De lo espiritual en el arte*, crea objetos utilizando materiales y medios en concordancia con tal filosofía del arte.