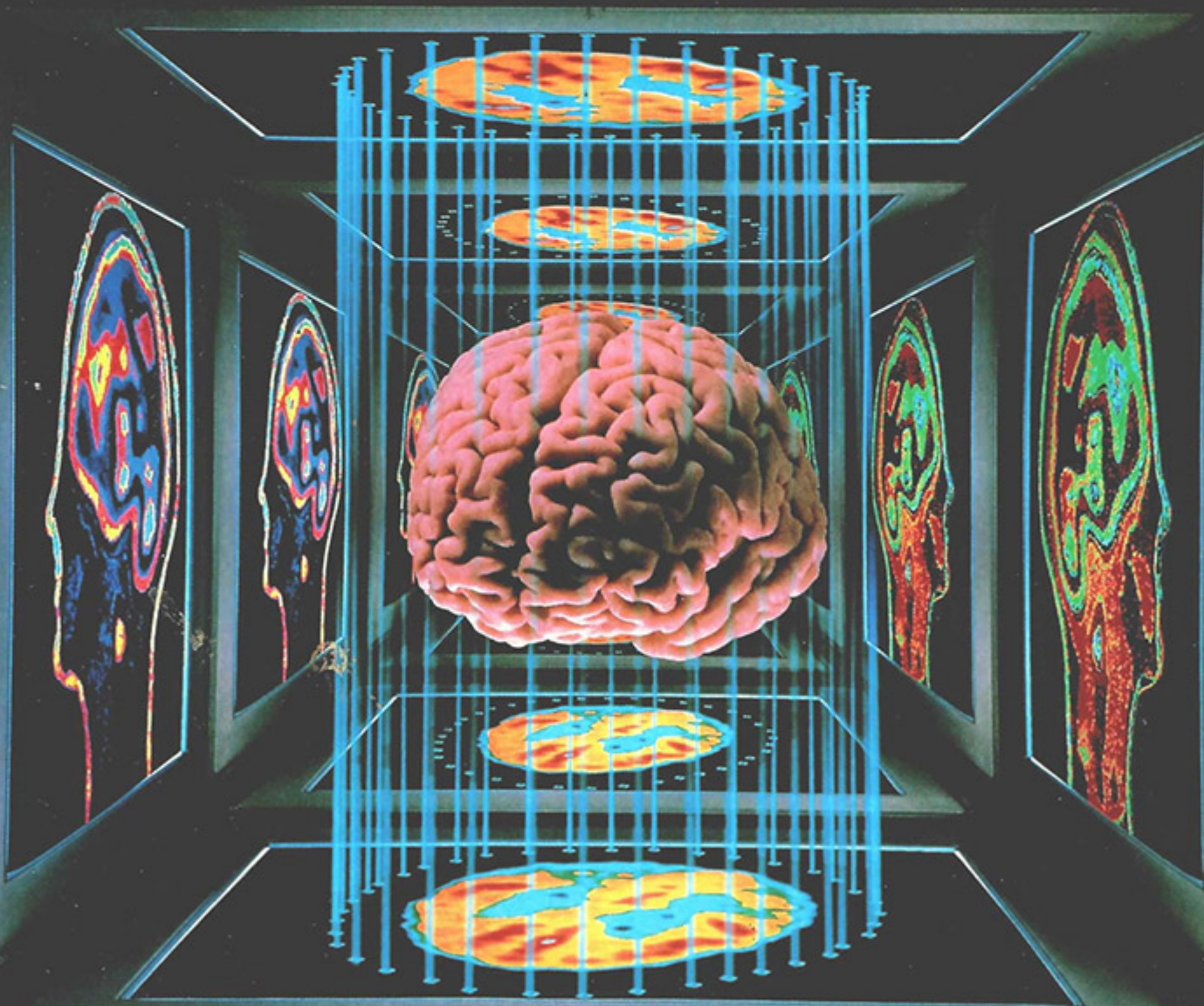


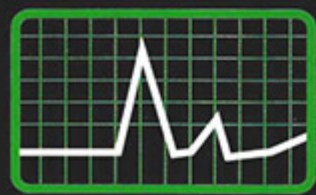


# Innovación y Ciencia

VOLUMEN IV, N° 2, 1995



TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$3.500.00



# EXPO TECNOLOGIA 95



**EXPO  
CIENCIA**

Bogotá, Septiembre 28 a Octubre 8 de 1995



ASOCIACION COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA  
A.C.A.C.

# Convocatoria para Financiación de Investigaciones sobre Biodiversidad

Proyectos aprobados en diciembre de 1994 cuya ejecución se inició en 1995



FONDO FEN COLOMBIA

THE JOHN D. AND CATHERINE T.  
MACARTHUR FOUNDATION

1. Zoogeografía de los peces del Caribe colombiano, Arturo Acero, Universidad Nacional -INVEMAR (Santa Marta).
2. Uso de mariposas y saturnidos (Lepidóptera) como indicadores del grado de intervención de la Cuenca del río Pato (Caquetá), Gonzalo Andrade, Universidad Nacional, Instituto de Ciencias Naturales (Bogotá).
3. Contribución al conocimiento de la dinámica poblacional del recurso íctico del río San Jorge, Merly Ardila, Universidad de Sucre, Fac. de Ciencias Agropecuarias (Sincelejo).
4. Hormigas de bosques secos relictuales en la zona plana del valle geográfico del río Cauca, Inge Armbrrecht de Peñaranda, Universidad del Valle (Cali).
5. Sinecología, diversidad y conservación de la vegetación altoandina en la cuenca alta del río San Juan de Micay, Argelia (Cauca). Marnix Becking, Fundación Universitaria de Popayán (Popayán).
6. Caracterización limnológica del embalse de Chuza, Gina Cárdenas, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (Bogotá).
7. Estudio de la diversidad de peces asociados a un manglar del Pacífico colombiano, Julio César Escobar, Universidad del Valle, Departamento de Biología (Cali).
8. Estudio limnológico del embalse del Neusa, Gustavo Gómez, Universidad Nacional-Depto. de Biología (Bogotá).
9. Comparación de dos métodos de manejo para la recuperación de cuencas: efectos sobre la biodiversidad, Carolina Murcia, particular (Cali).
10. Crecimiento y desarrollo gonadal del capitán de la sabana, *Eremophilus mutissi Humboldt 1805* (Pisces: Trichomycteridae) bajo diferentes densidades de siembra en pequeños lagos artificiales, Gabriel Antonio Pinilla, Universidad Jorge Tadeo Lozano (Bogotá).
11. Biodiversidad y conservación de los sistemas acuáticos del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (Boyacá), María Eugenia Rincón, Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá).
12. Contaminación de peces por metales pesados en el río Magdalena, Jorge Ruiz, Corporación Centro Regional de Población (Bogotá).
13. Estructura, composición florística, diversidad y balance hídrico en tres bosques contrastantes de la cuenca del río San Cristóbal, Bogotá, Gonzalo de las Salas, Universidad Distrital (Bogotá).
14. Almacenamiento de esporas de *Dicksonia sellowiana Hooker* y *Cyathea caracasana* (Klotzsch) Domin como alternativa para su preservación 'ex situ', Luz Mercedes Santamaría, Universidad Javeriana (Bogotá).
15. Comparación de los valores de biodiversidad florística y avifauna en ecosistemas nativos y plantaciones de "pino patula" en la cuenca hidrográfica de la quebrada Piedras Blancas (Antioquia), Gladys Vélez Serna, Universidad Nacional de Colombia (Medellín).



**ASOCIACION COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA  
- A.C.A.C. -**

**JUNTA DIRECTIVA NACIONAL 1993-1995**

**PRINCIPALES**  
Eduardo Posada **Presidente**  
Fabio Chaparro **1º Vicepresidente**  
Margarita Botero **2º Vicepresidente**  
Jaime Ahumada **Secretario**  
Carlos Corredor **Tesorero**  
Alberto Ospina **Vocal**  
Paulo Orozco **Vocal**  
Guillermo Hoyos **Vocal**  
Raquel Frías **Vocal**

Asociación de Entidades del Sector  
Electrónico - **AASEL**  
Centro de Investigaciones Oceanográficas  
e Hidrográficas - **CIOH**

**Veedor**

Marcelo Riveros

**Directora Ejecutiva**

Nohora Elizabeth Hoyos T.

**Asistente de Dirección**

Rosario Martínez

**Asesoría Editorial**

Mauricio Pérez Gil

**Jefe División de Publicaciones**

Manuel Cardozo

**Revisora Fiscal**

Teresa Bonilla

**Administradora**

María Paulina Rubio

**Consejo Editorial Internacional**

José Fernando Escobar, Leon Lederman,  
Isabel Llano, Rodolfo Llinás, Abdus Salam

**Consejo Editorial Nacional**

Carlos Corredor, Rodrigo Escobar Navia,  
Rodrigo Gutiérrez, Guillermo Hoyos,  
Luis Eduardo Mora-Osejo, Antonio Ordóñez-Plaja,  
Efraim Otero, Manuel Elkin Patarroyo,  
Jorge Rodríguez Arbeláez, Jorge Eliécer Ruiz

**Comité Editorial**

Nohora Elizabeth Hoyos, Alberto Ospina, Eduardo  
Posada, Manuel Cardozo, Martha Patricia García

**Corresponsales**

Marcelo Riveros, Bernardo Gómez

**Diseño y Producción**

Vesalius - Arte y Ciencia Ltda.

**Publicidad**

Clara López

**Fotografía**

Photo Images Ltda., Image Bank, Super Stock

**Corrección de Estilo**

Jorge Iván Cadavid

**Digitación de textos**

Yenny Yuliett Arias

**Pre-prensa Electrónica**

Elograf Ltda.

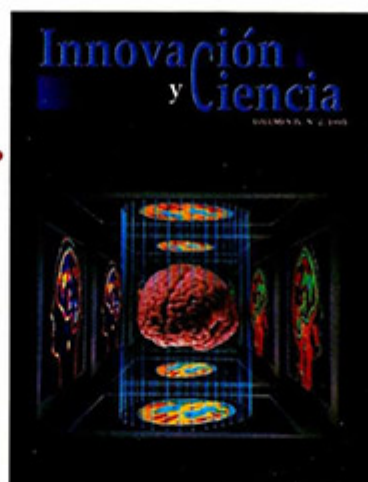
**Impresión**

Printer Colombiana S.A.

**DERECHOS RESERVADOS**

Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización expresa del Consejo Editorial. La publicación no es responsable legal del contenido de la publicidad de la revista. Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447 del 9 de Octubre de 1992. ISSN 0121-5140. Tarifa Postal Reducida. A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70. Edificio Camilo Torres. A.A. 92581. Fax: 2216950. Tels: 2213313 - 2217348 - 2216769. E-MAIL: acac1@colciencias.gov.co Santafé de Bogotá - Colombia. Precio de venta al público: \$20.000.

# CONTENIDO



## PORTADA

El resurgimiento y las nuevas manifestaciones de las demencias de origen infeccioso amenaza volverse un problema de incalculables consecuencias para la humanidad.

## NOTA DEL EDITOR

¿Vamos hacia el desarrollo tecnológico virtual?

7

## CORRESPONDENCIA

• Mensajes para INNOVACION Y CIENCIA

8

## NOTICIAS & COMENTARIOS

### AGRONOMIA

Fijación de nitrógeno por la asociación leguminosa-rizobio

10

### FISICA

¿Descubierta la masa de los neutrinos? Evidencia sobre oscilaciones de neutrinos

12

### GENETICA

Genética y comportamiento

16

### INGENIERIA QUIMICA

Los hornos de la industria del cemento y su contribución al manejo de residuos sólidos y peligrosos

20

### TECNOLOGIA

La metrología y el desarrollo tecnológico

22

# Innovación y Ciencia

Volumen IV, Nº 2 - 1995

## VISTAZOS

Ciencia y Tecnología

24



## ARTICULOS

### INGENIERIA DE PROCESOS

¿Qué son los medios dispersados?

26

### SISMOLOGIA

Sismos y construcciones

34

### MEDICINA

Demencias infecciosas... ya no son como antes

42

### BIOLOGIA

Tigres de seis patas  
Ecología, factores históricos y escarabajos tigre

48

### ETICA

La base biológica de la moralidad

56



NOVEDADES EDITORIALES

64

3 2 3 N X



Uno es Mazda 323 y el otro también.  
Uno tiene 1500 c.c. y el otro también.  
Uno tiene dirección hidráulica, garantía de  
40.000 Kms. o dos años y el otro también.  
Uno viene con espejos y vidrios eléctricos,  
bloqueo central, tacómetro, reloj digital, radio  
A.M. F.M. y pasacintas. El otro también.

# C O M P A R E

Como ve, cuando uno compara con algo superior, lo superior puede ser igual.  
Ah! perdón, se nos olvidaba decirle que uno es Mazda 323 NX 4 puertas y el otro es Mazda 323 Station Wagon, 5 puertas.  
Compárelos en los Concesionarios Mazda de todo el país. Elija el que más se ajuste a sus necesidades.



# NOTA DEL EDITOR

## ¿Vamos hacia el desarrollo tecnológico virtual?

**E**n los últimos tiempos, el cine, los periódicos, la televisión y las revistas populares nos han presentado con abundancia de detalles lo que, según connotados analistas, podría convertirse en una de las mayores revoluciones que ha vivido la humanidad: el advenimiento del espectacular mundo de la realidad virtual.

Con la ayuda de un casco equipado con pantallas de cristal líquido y de sensores apropiados, todo ello conectado a un computador de mediana capacidad, el usuario podrá realizar viajes fantásticos y vivir aventuras que en buena parte generaría a su antojo, con un realismo que el más fabuloso de los sistemas de cine nunca podrá alcanzar.

Esas extraordinarias perspectivas parecen haber inspirado a algunos de nuestros dirigentes para plantear una propuesta que requiere un cuidadoso análisis: la creación de centros virtuales de desarrollo tecnológico. Dichas entidades estarían encargadas de brindar apoyo tecnológico a la industria nacional para lograr su rápida modernización, para el desarrollo de nuevos productos, el incremento de su eficiencia y, por tanto, de su competitividad, con el fin de permitirle afrontar con éxito la apertura económica. Para alcanzar estos objetivos, los centros contarían con dos consultores, un teléfono y una oficina. Con la ayuda de estas «poderosas» herramientas, los expertos organizarían programas de desarrollo tecnológico, utilizando la infraestructura «ágil y eficiente» de las universidades y los centros de investigación de nuestro país. Frente a esta propuesta cabe preguntarse: ¿será ésta nuestra única respuesta a las apremiantes necesidades de la industria?

Este esquema puede funcionar en naciones que posean institutos de investigación y desarrollo muy fuertes, bien equipados y manejados por un grupo sólido de especialistas con una gran capacidad de generar respuestas. En un país como el nuestro, con una base investigativa incipiente y una comunidad científica competente pero muy reducida, ese tipo de iniciativa está condenado a un rotundo fracaso, y conduciría, como única salida, al incremento de la importación de tecnologías, muchas veces costosas, obsoletas y sin garantía de mantenimiento. Sería lamentable que, cuando por primera vez un gobierno ha comprendido que la independencia de un país reside en su capacidad de generar y apropiarse conocimiento, estas propuestas puedan prosperar, haciendo peligrar el compromiso ya adquirido en el plan nacional de desarrollo, de colocar a la ciencia y a la tecnología en el nivel de prioridad y urgencia que nuestro país requiere. Se precisa entonces crear verdaderos centros sectoriales de desarrollo tecnológico, con la infraestructura física y técnica adecuada y dirigidos por especialistas capacitados al más alto nivel. De esta manera la industria verá satisfechas sus necesidades inmediatas, con la opción de apoyarse y complementarse en los grupos universitarios que para tal fin deberán igualmente consolidarse.

NOHORA ELIZABETH HOYOS T.  
EDUARDO POSADA F.

# MENSAJES

Para Innovación y Ciencia

Dra. Nohora Elizabeth Hoyos  
Dr. Eduardo Posada  
Editores, INNOVACION Y CIENCIA  
Asociación Colombiana  
para el Avance de la Ciencia (ACAC)

Estimados Señores:

He recibido el número especial dedicado a Evolución, de la revista INNOVACION Y CIENCIA (volumen IV, No. 1 de 1995) y quisiera manifestarles mi complacencia con ella.

No solamente es hermosa la edición, las fotografías en colores y la diagramación de tal número, sino que también es excelente su contenido científico. Estoy segura de que ella será indispensable aquí y en los demás países de habla hispana. Igualmente, la revista como publicación periódica tiene derecho a ocupar un lugar destacado entre las de su género en el mundo.

Quiero felicitarlos a ustedes y a los editores asociados por tan importante logro, y decirles a todos que los que estamos interesados en el progreso de la ciencia y la tecnología en el país, apreciamos sus esfuerzos. ¡Adelante, entonces!

Con mis sentimientos de aprecio, quedo de ustedes.

Atentamente,

**Angela Restrepo M., Ph.D**  
Corporación para Investigaciones Biológicas, CIB

Doctora  
Nohora Elizabeth Hoyos T.  
A.A. 92581  
Ciudad

Muy distinguida Doctora:

Quiero agradecerle el envío y felicitarla por la entrega especial de INNOVACION Y CIENCIA, Vol. 4, No. 1 de 1995.

El excelente material y la magnífica presentación de INNOVACION Y CIENCIA colocan en sitio destacado el buen nombre de Colombia. Gracias por continuar la tradición científica que inició en el «Semanao del Nuevo Reino de Granada» el sabio Francisco José de Caldas.

Reciba mi renovada congratulación y un atento y cordial saludo.

**Antonio Cacia Prada**  
Presidente,  
Asociación Colombiana  
de Periodismo Científico

## Mensaje a nuestros lectores

INNOVACION Y CIENCIA agradece los numerosos mensajes de felicitación recibidos por la publicación del número especial dedicado al tema de *EVOLUCION*.

Es muy estimulante saber que nuestros lectores aprecian el gran esfuerzo de divulgación que nos propusimos al tratar un tema específico editado y escrito por los mejores investigadores mundiales en este campo.

Tenemos el gusto de anunciarles que el tema del número extraordinario de este año será: *INFORMATICA Y TELECOMUNICACIONES: PRESENTE Y FUTURO*. El editor de este volumen especial será el doctor Eduardo Sánchez, eminente científico colombiano, profesor del Departamento de Informática de la Ecole Polytechnique Fédérale de Laussane-Suiza.

Dallas, 8 de febrero de 1995

Señores  
Asociación Colombiana  
para el Avance de la Ciencia - ACAC  
Programa Interciencia  
de Recursos Biológicos - PIRB  
Santafé de Bogotá  
Colombia

De mi especial consideración:

Quien se dirige a ustedes es un compatriota recluido injustamente en una prisión de este país, indigente y sin ninguna asistencia de nadie; pero el motivo de la presente es para poner en su conocimiento que la revista que editan llegó a mis manos y la encontré muy interesante, más que todo el artículo de la bióloga Sandra Baena G., acerca de cultivo de las microalgas. Les diré que soy campesino y me interesaría estudiar todo lo referente a ese campo, pero que desgraciadamente aquí no encuentro los materiales para ello, además de ello que

no cuento con recursos económicos para comprar libros o pagar un curso de esa materia.

Por ello solicitaría a quien corresponda como un gesto de contribuir al desarrollo tecnológico de nuestra patria, me enviaran los materiales de estudio ya sea en libros o en cursillos que desarrolle su institución, libre de costos o en su defecto me hagan saber el costo de ello para hacer un esfuerzo y pagar.

Agradeciéndole de antemano la atención que dé a la presente me despido con un saludo de un compatriota.

Cordialmente,

David Contreras Matos  
83182-022 Houston Unit  
3150 H.R. Fort Worth  
TX 76119  
U.S.A.



**~~NO SE ACEPTAN CHEQUES~~**

# DESDE HOY SON LO MAS EFECTIVO

Ahora recibiendo Cheques, obtenga las ventajas del pago en efectivo.  
Afiliarse a COVICHEQUE y deje que sus cheques sean seguros y efectivos.

**COVICHEQUE**®

*Su cheque efectivo*

# Fijación de nitrógeno por la asociación leguminosa-rizobio

El nitrógeno es esencial para los organismos biológicos. Los animales toman este elemento de las plantas y de otros animales que a su vez lo toman de las plantas. Las fuentes de nitrógeno para los organismos vegetales son el suelo y/o el aire. Si el nitrógeno disponible en el suelo es escaso hay que adicionarlo en forma de fertilizante o hay que tomarlo del aire. En efecto, casi un 80% de la atmósfera terrestre está constituida por nitrógeno molecular o  $N_2$ . Sin embargo, este  $N_2$  tiene un problema: está formado por la unión de dos átomos de nitrógeno tan firmemente unidos entre sí que es muy difícil que reaccionen con algún otro compuesto, lo que convierte al  $N_2$  en una molécula prácticamente inerte.

Para que este nitrógeno molecular sea útil se hace necesario «fijarlo», es decir, convertirlo en una forma asimilable por las plantas. A veces, la naturaleza se encarga de hacerlo: las tormentas eléctricas proporcionan suficiente energía para permitir que el nitrógeno y el oxígeno de la atmósfera reaccionen entre sí y formen nitratos y nitritos que van al suelo y son absorbidos por las plantas. En otras ocasiones, es el hombre, cuando las necesidades lo apremian, quien se encarga de transformar el nitrógeno molecular. Así ocurrió, por ejemplo, durante la primera guerra mundial cuando la marina inglesa bloqueó los puertos alemanes para impedir que esta nación tuviera acceso al nitrógeno chileno. Un químico alemán, Fritz Haber, desarrolló un proceso que lleva su nombre, para la síntesis de amoníaco (por lo cual recibió el Premio Nobel de Química en 1918). En este proceso se hace reaccionar el nitrógeno molecular ( $N_2$ ) con el hidrógeno molecular ( $H_2$ ) para producir amoníaco ( $NH_3$ ), y a partir del amoníaco se fabrican los fertilizantes. No obstante, el proceso Haber tiene el inconveniente de ser

demasiado costoso desde el punto de vista energético. En efecto, se requieren altas temperaturas (400 a 600 grados centígrados), altas presiones (100 a 1000 atmósferas) y catalizadores especiales. Por su parte, el hidrógeno molecular ( $H_2$ ) debe obtenerse del gas natural, como subproducto del petróleo, o por electrólisis del agua. Cualquiera de estos procedimientos implica un alto consumo adicional de energía.

## Fijación biológica de nitrógeno

En contraste con la fijación química, la fijación biológica de nitrógeno ocurre a condiciones ambientales ( $20^\circ C$ , una atmósfera de presión) y la realizan los microorganismos

que son capaces de sintetizar una proteína catalizadora o enzima, la **nitrogenasa**. Por acción de la nitrogenasa, los microorganismos fijadores de nitrógeno pueden, al igual que en el proceso Haber, utilizar el hidrógeno y el nitrógeno molecular para producir amoníaco.

Existen varios microorganismos que pueden fijar nitrógeno, pero quizá los más promisorios, desde el punto de vista agronómico, son unas bacterias conocidas como *Rhizobium*. Pero el *Rhizobium* no puede desarrollar su acción solo; debe previamente unirse a una leguminosa (fríjol, soya, arveja, maní, haba, lenteja, etc.). El amoníaco que fabrica el *Rhizobium* es tomado por la planta y ésta lo utiliza para producir aminoácidos, proteínas y otros compuestos nitrogenados que ella necesita. La leguminosa, a su vez, le proporciona a la bacteria la energía necesaria —en forma de azúcares— para que el proceso se pueda desarrollar. Esa energía la obtiene la leguminosa mediante la fotosíntesis. O sea que es una fuente de energía económica (proviene del sol) y está disponible casi en cualquier momento y lugar.

Sin embargo, existe un pequeño problema: no todos los rizobios se unen o infectan a todas las le-

Especies de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* y leguminosas más comunes a las que infectan

Rizobio	Leguminosa a la que infecta
<i>Rhizobium meliloti</i>	maní
<i>Rhizobium leguminosarum</i> bioviedad <i>trifolii</i> bioviedad <i>phaseoli</i> bioviedad <i>viciae</i>	trébol fríjol arveja, haba, lenteja
<i>Bradyrhizobium japonicum</i> <i>Bradyrhizobium</i> no clasificado	soya lupinus, leguminosas forrajeras tropicales

Tabla

guminosas. Así, el rizobio que infecta al frijol es diferente del que infecta a la arveja o a la lenteja. Es decir, existe especificidad en la interacción. En la **tabla** se muestra la clasificación de los rizobios y bradirizobios (bacterias de un género similar al rizobio) y algunas de las leguminosas que infectan.

### Utilidad de la asociación leguminosa-rizobio

Si se quiere aprovechar esta propiedad de las leguminosas y los rizobios para unirse y beneficiarse mutuamente, se debe disponer de un soporte adecuado donde las bacterias rizobiales puedan sobrevivir y reproducirse hasta que llegue el momento de entrar en contacto con las leguminosas. Algunas de las características que un soporte debe cumplir para asegurar la supervivencia de las bacterias rizobiales son: que sea fácilmente disponible, poroso, con una alta capacidad de retención de la humedad y un alto contenido de materia orgánica. Hasta ahora, uno de los soportes que mejor cumple con estas condiciones es la turba (materia vegetal en avanzado estado de descomposición). Al conjunto de turba y rizobio se le conoce como "inoculante".

Se puede comprobar que el rizobio infectó a la leguminosa porque en la raíz de la planta aparecen unos nódulos (**figura 1**) que contienen millones de bacterias. Precisamente los nódulos son las principales fuentes para aislar y purificar las bacterias rizobiales para su estudio y utilización.

Sin embargo, no es suficiente con que un rizobio infecte a una leguminosa. El rizobio debe, además, ser efectivo, es decir, pertenecer a una clase especial capaz de fijar el nitrógeno atmosférico en suficiente cantidad para suplir las necesidades de la planta; tener la habilidad para establecerse en el suelo, en las zonas cercanas a la raíz de la leguminosa; competir con otros rizobios autóctonos, probablemente menos efectivos, y con otros microorganismos,

por los nutrientes del suelo y los que la planta exuda, y, finalmente, persistir por un tiempo largo.

¿Cuál es el interés de insistir en esta tecnología? Mencionaremos algunos de los factores que hacen aconsejable profundizar en la investigación de la asociación leguminosa-rizobio:

Los inoculantes rizobiales pueden remplazar a los fertilizantes nitrogenados con buenos rendimientos y gran economía, como ya se ha comprobado en otros países de este continente y en otras latitudes. No se altera el ecosistema del suelo pues se trabaja con elementos naturales (suelo, plantas y microorganismos). Se pueden constituir en una alternativa muy promisoría para los agricultores de zonas marginales y de escasos recursos, en suelos deficientes en nitrógeno. Debido a su alto contenido proteínico, las leguminosas de grano tienen una importancia fundamental en la alimentación humana. Lo mismo se puede decir de las leguminosas forrajeras en la alimentación animal. Adicionalmente, las leguminosas tienen múltiples usos como abonos verdes, maderas, frutas, aceites, gomas, colorantes y resinas, ornamentación y sombrío.

Los beneficios indirectos se derivan del empleo de las leguminosas en cultivos mixtos, por ejemplo pasturas y cultivos asociados, como el tradicionalmente usado en América Latina de maíz y frijol. Además, las leguminosas o sus residuos se mineralizan en el suelo, contribuyendo así a aumentar el nitrógeno disponible y reduciendo de esta forma la necesidad de fertilizantes para el cultivo asociado o para un cultivo posterior.

Lo anterior justifica que se intente profundizar en el conocimiento del rizobio y de su asociación con



Sandra Espinosa - Universidad de Nariño

**Figura 1.** Nódulos en las raíces de una leguminosa inoculada con rizobio.

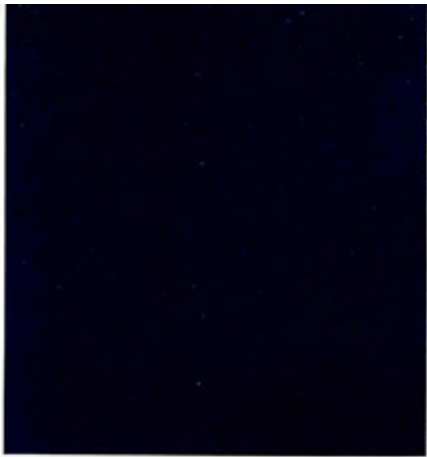
la leguminosa y en los factores que favorecen esta asociación y optimizan sus rendimientos.

.....

**Ernesto Luque Turriago**  
Químico, Universidad Nacional  
Profesor Titular,  
Universidad de Nariño,  
Departamento de Química

### Bibliografía

1. Allison JR: *The economics of using legumes in cropping systems*. In: Mulongoy K, Gueye M, Spencer DS (eds.): *Biological Nitrogen Fixation and Sustainability of Tropical Agriculture*. Chichester, 1992, pp. 323-332.
2. Conn EE, Stumpf PK, Bruening G, Doi RH: *Outlines of Biochemistry*, 5th Ed. New York, Wiley, 1987, pp. 505-512.
3. Mora de González N: *Fijación simbiótica de nitrógeno por plantas leguminosas: aspectos biológicos*. *Suelos Ecuatoriales* 1983; XIII(2): 18-27.
4. Sylvester-Bradley R, Kipe-Nolt JA, Harris DJ: *Simbiosis leguminosa-rizobio: evaluación, selección y manejo*. Cali, CIAT, 1987.

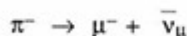


# ¡ Descubierta la masa de los

## Evidencia sobre oscilación

**E**l enigma de los neutrinos continúa. Una vez más se anuncia lo que constituiría un gran descubrimiento científico esperado por mucho tiempo: *la masa de los neutrinos*. Esta vez el anuncio viene del Laboratorio Nacional de Los Alamos en Nuevo México, Estados Unidos, del experimento dirigido por D. Hywel White y William Louis. Pero se trata apenas de muy pocos eventos, que constituyen una evidencia experimental débil, sin confirmación científica. Ya en el pasado reciente, en múltiples ocasiones, las "evidencias de neutrinos con masa" se han desvanecido, casi tan rápido como fueron anunciadas por diversos experimentos, algo que no resulta tan extraño debido a la enorme complejidad de los experimentos con neutrinos tan difíciles de observar.

En el experimento de Los Alamos de D. Hywel White y William Louis se observan antineutrinos muónicos transmutando en antineutrinos electrónicos en un proceso llamado "oscilación de neutrinos". En dicho experimento se utiliza un rayo de protones para producir piones, que decaen produciendo chorros de partículas hijas, productos de decaimiento, entre las cuales están los antineutrinos muónicos:

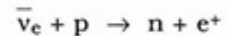


El proceso de decaimiento de los piones no produce antineutrinos electrónicos, de modo que si más adelante, a lo largo del rayo de partículas provenientes del pión, se detectan antineutrinos electró-

nicos, será porque se está observando "la oscilación" entre antineutrinos muónicos y electrónicos.

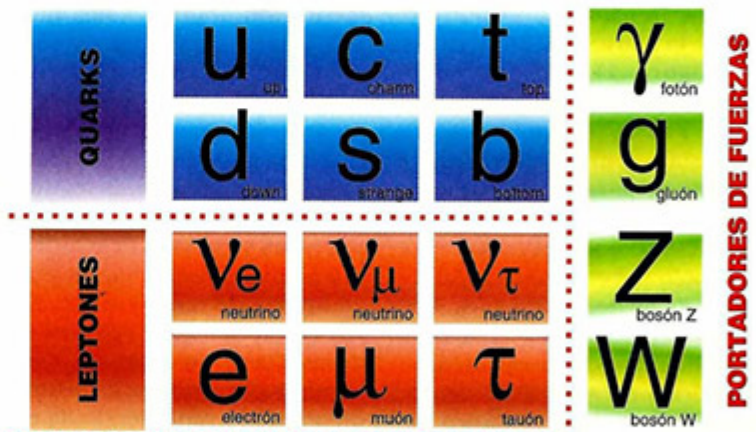
Los neutrinos, independientemente de su tipo, así sean electrónicos, muónicos o tauónicos, interactúan muy escasamente, muy difícilmente. Durante cinco meses de adquisición de datos en el experimento de Los Alamos, los científicos buscaron procesos muy escasos, en los cuales los antineutrinos electrónicos entran en un

gran recipiente de reacción lleno de 180 toneladas de aceite mineral. Allí el antineutrino electrónico colisiona con un protón, creando un neutrón y un positrón:



El positrón es detectado: en el tanque de reacción hay detectores de partículas especialmente diseñados para buscar la luz característica proveniente de los positrones (ra-

### PARTICULAS ELEMENTALES



I    II    III  
**GENERACIONES DE LA MATERIA**

# Neutrinos?

## Los tipos de neutrinos

diación de Cerenkov). Mientras tanto, el neutrón se combina con un protón para formar deuterio (núcleo del hidrógeno pesado) y un rayo gama.

De los datos acumulados en este experimento de Los Alamos se logra determinar la tasa de oscilación de neutrinos. A partir de esto es posible inferir, no un valor de la masa del neutrino directamente, sino la diferencia del cuadrado de las masas de las dos especies de neutrinos. Los modelos teóricos actuales sostienen que si la oscilación de neutrinos ocurre, por lo menos uno de los tipos de neutrinos tiene masa.

De acuerdo con D. Hywel White y William Louis, la tasa observada de oscilación de neutrinos sugiere una masa del neutrino en el rango de 0,5 a 5 eV<sup>1</sup>, algo muy pequeño: unas 100.000 a un millón de veces más pequeña que la masa del electrón (511.000 eV), la partícula con masa más liviana conocida hasta ahora. Sin embargo, la estadística reunida hasta el momento no es suficiente para declarar científicamente descubierta la masa del neutrino; así, se requiere más tiempo

<sup>1</sup> El electrón voltio (eV) es una unidad de energía: la energía que gana un electrón —carga e— entre un par de electrodos a un voltaje de 1 voltio. La masa correspondiente puede hallarse con base en la fórmula de Einstein  $m = E/c^2$ . Resulta que  $1 \text{ eV}/c^2 = 1,8 \times 10^{-33}$  gramos.

# Los neutrinos

**N**eutrino, el "pequeño neutrón", es el nombre italiano, sugerido por Enrico Fermi, para la tercera partícula que acompaña al protón y al electrón en el decaimiento beta de los núcleos.

Inicialmente se entendía el decaimiento beta de un núcleo atómico como un proceso que llevaba a un estado final con dos partículas: el núcleo hijo y el electrón:  $n \rightarrow p^+ + e^-$ . Se esperaba así, para un decaimiento en particular, que los electrones emitidos tuviesen siempre la misma energía. Sin embargo, las mediciones de la distribución de energía de

los electrones emitidos mostraban energías menores en un continuo de energías, lo que desafiaba la validez de la conservación de la energía. En 1932, Wolfgang Pauli lanzó la hipótesis del neutrino: propuso la existencia de una tercera partícula en el estado final del decaimiento beta, el neutrino, que llevaría la energía, momento y momento angular faltantes en la observación experimental:  $n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}$ . Fermi validó la existencia del neutrino con su exitosa teoría del decaimiento beta de 1934. Pero no fue sino hasta 1953 cuando Cowan y Reines confirmaron experimentalmente la existencia

para continuar adquiriendo datos que corroboren el anuncio actual.

Este experimento de D. Hywel White y William Louis no es el único sobre neutrinos. La actividad experimental en esta área se ha intensificado notablemente en los últimos 10 años, debido a lo trascendental que resulta. El tema sobre las oscilaciones y masa de neutrinos es de importancia fundamental en la ciencia, para físicos de partículas, astrofísicos, cosmólogos, quienes esperan que neutrinos con masa, aunque ésta sea muy pequeña, sean protagonistas de máxima importancia en el universo. Así por ejemplo, las oscilaciones de neutrinos explicarían la paradoja de los neutrinos solares, del número de neutrinos provenientes del sol, que según los experimentos resulta ser menor que las predicciones teóricas: los experimentos demuestran sistemáticamente que los neutrinos que recibimos del sol son sólo un tercio de lo espera-

do. Lo interesante está en que los experimentos sólo detectan los neutrinos electrónicos producidos por las reacciones nucleares en el sol. Si los neutrinos pueden cambiar de tipo por las mencionadas oscilaciones, muchos de ellos se perderían para la observación (no se detectan ni los neutrinos muónicos ni los tauónicos), de ahí que se observen menos neutrinos de lo esperado.

.....

**Bernardo Gómez Moreno**  
Departamento de Física  
Universidad de los Andes

Fuente: Physics News Update No. 213, American Institute of Physics, Feb. 7, 1995. Internet: <http://www.aip.org>

del neutrino, observando el decaimiento beta inverso:  $\bar{\nu} + p^+ \rightarrow n + e^+$ . Más adelante, en 1962 en el Laboratorio Brookhaven, el experimento de la Universidad de Columbia de Lederman, Schwartz y Steinberger, demostró la existencia de "dos neutrinos", comprobó que no son los mismos los neutrinos del decaimiento beta del neutrón ( $n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$ ) y los del decaimiento del pión ( $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ ). Así, los neutrinos que acompañan al electrón (neutrino electrónico,  $\nu_e$ ) son diferentes a los neutrinos que acompañan al muón (neutrino muónico,  $\nu_\mu$ ). Hoy conocemos además el neutrino tauónico,  $\nu_\tau$ , completando tres generaciones de neutrinos.

El neutrino es muy difícil de observar. El neutrino es neutro, no tiene carga eléctrica e interactúa sólo muy débilmente con la materia ordinaria. Un neutrino puede pasar a través de un bloque de plomo de

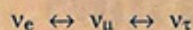
un espesor de un año luz, con una probabilidad de 50% de ser absorbido. Un flujo muy grande de neutrinos pasa continuamente a través de nuestros cuerpos sin que lo notemos, sin producir efecto alguno;  $10^{19}$  neutrinos atraviesan inofensivamente su cabeza y cuerpo mientras usted lee esta frase. Al terminar de leerla ya estarán más allá de la luna.

La masa del neutrino es muy, muy pequeña, según la evidencia experimental. Generalmente se toma como cero. Pero teóricamente no hay necesidad alguna de que sea cero. Puede ser mayor. Si esto fuera así, el universo estaría lleno de masa "invisible".

Hasta tiempos muy recientes, se pensaba que los neutrinos tienen masa en reposo cero y que se mueven con la velocidad de la luz. Pero en los últimos años se ha sugerido que los neutrinos tienen masa diferente de cero, aunque

pequeña, de modo que se mueven más lento que la luz. En diversas ocasiones, varios experimentos posteriores a 1979 han anunciado evidencia sobre la masa del neutrino.

La cuestión sobre la masa del neutrino ha atraído siempre considerable interés de un número grande de investigadores teóricos y experimentalistas. Si los neutrinos tienen masa diferente de cero, entonces es posible que haya "oscilaciones de neutrinos" entre las tres generaciones de neutrinos:



**UNICAM**  
ANALYTICAL SYSTEMS

**UNICAM**

**ESPECTROFOTOMETRÍA**

- \* UV/VIS
- \* Absorción Atómica
- \* Plasma acoplado ICP
- \* Masas
- \* Infrarojo - FTIR

**CROMATOGRAFÍA**

- \* Gases
- \* Líquidos
- \* Electroforesis capilar

**TECNICAS COMBINADAS**

- \* Cromatografía de Gases - Masas
- \* FTIR - Masas
- \* FTIR - Cromatografía de Gases
- \* FTIR - Termogravimetría

**PHILIPS**

**ESPECTROMETRÍA POR RAYOS X**

- \* Longitud de Onda
- \* Energía dispersiva

**DIFRACTOMETRÍA POR RAYOS X**

- \* Multipropósito
- \* Investigación

**CONTROL DE CALIDAD**

**MICROSCOPIA ELECTRÓNICA**

- \* Barrido
- \* Transmisión

**MILESTONE**

**SISTEMAS MICROONDAS**

- \* Digestores
- \* Muflas
- \* Determinación de humedad/sólidos
- \* Reacción/síntesis orgánicas

**PEAK SCIENTIFIC**

**GASES PARA LABORATORIO**

- \* Nitrogeno
- \* Hidrogeno
- \* Aire
- \* Compresores
- \* Bombas de vacío

**TECNOLOGIA SIN LIMITES**

**CIENCIA E INDUSTRIA**

Productos y sistemas profesionales.

Calle 40 No. 54 - 20 - Bogotá - Colombia - Tel. 4.000.000

PHILIPS

**PHILIPS**



**Si no estás pensando  
en mudarte,  
cuida tu casa.**

**El mundo es tu casa.**

# Genética y com



En los últimos meses la prensa mundial ha dedicado un espacio importante al tema de la genética y el comportamiento humano. La publicación del libro *The Bell Curve*, en el cual la supuesta diferencia de cociente intelectual entre blancos y negros se explica en razón de los genes, suscitó gran inquietud en diversos medios. Poca publicidad obtuvo, en cambio, *La historia y geografía de los genes humanos*, excelente síntesis de los resultados de más de 50 años de investigación en genética de poblaciones, publicada casi simultáneamente por los genetistas Cavalli-Sforza, Menozzi y Piazza (Princeton University Press).

Los autores de este **primer atlas genético del mundo** concluyen que, descontados rasgos de superficie como color y estatura, «bajo la piel» las «razas» humanas son notablemente parecidas; la variación es mucho mayor a nivel de individuos que de grupos. De hecho, la diversidad individual es tal, que a nivel genético el concepto mismo de raza pierde significado y las teorías acerca de la pretendida superioridad genética de una población carecen de base.

Al interior de la comunidad científica se vive una etapa de transición; la mayor parte de los investigadores han superado la concepción biologista de "naturaleza versus cultura" y aceptan la existencia de **algún tipo de relación entre genes y conducta, tanto animal como humana**. Los genetistas se esfuerzan por desarrollar nuevos métodos, y grupos diversos trabajan arduamente para establecer el papel de la herencia en una amplísima gama de conductas que abarcan desde el comportamiento gregario hasta la depresión, pasando por la habilidad cognitiva general, la homosexualidad y el alcoholismo. En el encuen-

# Comportamiento

tro celebrado con ocasión de su centenario (1992), la Asociación Americana de Psicología declaró que la genética es una de las áreas de mayor potencial presente y futuro para la psicología.

Todo lo cual no significa que el tema haya dejado de ser objeto de controversia entre especialistas. En palabras de Peter Breggin, director general del Centro para el Estudio de la Psiquiatría en Bethesda (Maryland), "la genética comportamental es la misma vieja historia con vestido nuevo... Es otra forma de decir, en una sociedad violenta y racista, que los problemas de las personas son responsabilidad de ellas, porque son portadoras de «malos genes». Sin embargo, aunque subsista una fuerte polémica, está emergiendo un consenso respecto al papel de la herencia en el comportamiento humano, y tanto detractores como defensores de la genética comportamental coinciden en afirmar que las sociedades manejan la cuestión equivocadamente, llegando a conclusiones precipitadas respecto de la conducta humana, a partir de simples noticias sobre el desarrollo de nuevas técnicas de laboratorio. Al parecer, el mayor problema radica en la tendencia social a suponer erróneamente que la ciencia plantea un "determinismo genético" (los genes determinan el comportamiento), cuando en realidad la hipótesis de base es que, **actuando en combinación con otros factores, entre ellos el medio, los genes pueden influir en la conducta.**

La posible intervención de ciertos factores genéticos en aspectos del comportamiento no es una idea nueva. Desde hace mucho tiempo la domesticación de animales ha proporcionado evidencia de ello; como lo señaló Darwin, "hábitos y gustos especiales, inteligencia general, valor, buen y mal temperamento, etc.,

son siempre transmitidos". O como lo describe Jasper Rine, genetista de la Universidad de California en Berkeley: "Ponga un cachorro de pastor Collie recién nacido al cuidado de un Terranova y de todos modos tendrá 'el ojo'; la habilidad común en los Collies de sostener contacto visual con personas y animales (muy rara en otras razas). Críe un Terranova con Collies y nunca conseguirá que la tenga...".

En los años 20 se llevaron a cabo algunos estudios sobre conducta animal y conducta humana, que se consideran el inicio de lo que hoy día se denomina genética comportamental. Hermann Siemens, dermatólogo alemán, publicó a comienzos de esa década una descripción detallada de un método para determinar si el desempeño académico y otros tipos de comportamiento se "heredaban" o eran producto de factores ambientales. En su investigación, Siemens analizó los resultados escolares de gemelos idénticos (dos espermatozoides fecundan un óvulo) y no idénticos (dos óvulos diferentes son fecundados), y encontró que más de las tres cuartas partes de los gemelos idénticos estudiados obtenían evaluaciones cuantitativa y cualitativa similares, situación que sólo se observó en una quinta parte de los no idénticos.

Ya en ese entonces se hizo evidente el impacto social de este tipo de actividad investigativa. Siemens publicó sus observaciones en 1924 y ese mismo año la administración Coolidge firmó un decreto que restringía la inmigración, con el fin de impedir la entrada masiva de "genes latinos y eslavos" —considerados inferiores— a los Estados Unidos. Para 1930, veinticuatro estados de la unión habían aprobado leyes relativas a la esterilización de "débiles mentales"...

**No existe un "determinismo genético" del comportamiento, pero los genes, en combinación con otros factores, pueden influir en la conducta.**

---

Durante la segunda guerra mundial, las justificaciones pseudocientíficas empleadas por los nazis con el fin de validar la discriminación racial restaron respetabilidad a la investigación genética, a tal punto que la mayoría de los científicos abandonó el tema. Posteriormente, psiquiatras y psicólogos retomaron la investigación; sin embargo, exceptuando el estudio de la influencia genética en el cociente intelectual (iniciado por Galton en el siglo XIX), la genética de la personalidad ha tenido una historia más bien corta; en parte por carecer de mediciones confiables, pero también por la falta de acuerdo respecto a los rasgos que pueden constituirse en objeto de análisis.

En 1965, un equipo de investigadores sugirió que los hombres con un cromosoma Y adicional (XYY) eran más agresivos que los hombres con el cromosoma usual (XY) y los medios dieron amplia cobertura a lo que consideraron un "descubrimiento", pese a que varios investigadores cuestionaron su validez. Actualmente la comunidad científica considera que dicha relación no ha sido satisfactoriamente probada.

Identificar genes específicos asociados a conductas específicas ha demostrado ser una tarea enormemente compleja. No sólo por la inexactitud de las definiciones de

los rasgos comportamentales sino también por la dificultad de escoger muestras realmente azarosas, de tamaño adecuado, que impidan la introducción de sesgos.

En el campo de los desórdenes comportamentales se cuenta con evidencia sólida de influencia genética en prácticamente todos aquellos que se han investigado hasta la fecha: esquizofrenia, enfermedad de Alzheimer, autismo, desórdenes específicos de lenguaje y alimentación, personalidad antisocial. Por otra parte, los estudios de variabilidad de comportamientos normales indican un amplio rango de influencia genética en aspectos tales como intereses vocacionales, desempeño académico y habilidades cognitivas (memoria, razonamiento espacial, razona-

miento verbal, velocidad de procesamiento e inteligencia general). Para cuantificar el efecto genético se utiliza el concepto estadístico de "heredabilidad", que describe la proporción de variaciones de comportamiento observables dentro de una población y atribuibles a influencias genéticas.

La aceptación creciente de la genética comportamental responde a tres causas de orden científico: la enorme acumulación de información sobre el papel de la herencia en el comportamiento animal, la aparición de más y mejores estudios en seres humanos y una mayor comprensión de la interacción genes-ambiente, que va mucho más allá de la simplificación "genes de violencia y genes de inteligencia", tan popular en los medios de comunicación masiva. Los

genes y el ambiente (no sólo el social) interactúan y se retroalimentan en una compleja relación que apenas empezamos a entender.

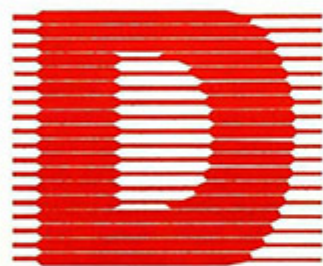
Tres técnicas relativamente recientes, aplicadas sobre todo en la investigación de las habilidades cognitivas —el aspecto comportamental más estudiado—, han demostrado ser de gran utilidad: el análisis de efectos genéticos en las distintas etapas del desarrollo del individuo; el análisis genético multivariado, que evalúa la contribución genética a la covarianza de rasgos; y el análisis de extremos, que estudia los nexos entre conductas normales y conductas anormales.

Desde el punto de vista científico, se hace indispensable trascender los esfuerzos por documentar la presencia de influencias genéticas en el comportamiento, desarrollando más y mejores líneas de investigación cuantitativa que sirven de guía a la genética molecular, mediante la identificación de dominios y dimensiones de heredabilidad del comportamiento, al tiempo que proporcionan valiosa información sobre la importancia de factores no genéticos. Igualmente, deben explorarse los factores ambientales y la interacción genes-ambiente. La convergencia de la genética cuantitativa y la genética molecular será decisiva para dilucidar los complejos comportamientos humanos.

A nivel social es absolutamente necesario desarrollar un trabajo conjunto de científicos, educadores y comunicadores, que contribuya a la adecuada difusión de hallazgos y resultados, impidiendo distorsiones y equívocos. En cuestiones de genética comportamental, una opinión pública erróneamente informada —o desinformada— constituye un serio peligro para la salud ética de la especie humana.

.....

**Martha Patricia García**  
Microbióloga  
Universidad de los Andes



**DIRECTORIO  
NACIONAL DE  
COMPUTADORES  
USUARIOS Y AFINES  
1995**

**SOLICITELO GRATIS PRESENTANDO  
CARTA EN PAPEL MEMBRETEADO**

- BOGOTA** : Calle 100 No. 18-36 Of. 301  
**BARRANQUILLA** : Carrera 53 No. 76-79 Of. 220  
**BUCARAMANGA** : Carrera 32 No. 49-84  
**CALI** : Carrera 18 No. 10-65  
**MANIZALES** : Carrera 22 No. 25-57 P. 2  
**MEDELLIN** : Carrera 76 No. 33-8 Of. 201  
**MONTERIA** : Calle 25 No. 3-67  
**NEIVA** : Centro La Inmaculada L. 105  
**PASTO** : Calle 13 No. 24-83

**OTRAS CIUDADES FAVOR ENVIAR  
\$ 2.500 PARA PORTES DE CORREO**



# EL ARCO DEL TRIUNFO ESTA EN COLOMBIA.

## Calendario Ferial 1995.

Programe desde ya su participación en los certámenes de mayor éxito comercial.



### XXVII COLOMBIAN LEATHER MARKET

Es el evento que reúne en un solo lugar a los mejores productores nacionales de artículos de cuero y calzado para exportación, también maquinaria e insumos procedentes de diferentes países. Febrero 7 al 11. EN ASOCIO CON ASOCUEROS, CORNICAL Y FEDECURTIDORES.



### XIV VITRINA TURISTICA DE ANATO

Es el certamen especializado más importante del sector turístico que se realiza en Colombia, con la presencia de los agentes de viajes y oficinas de turismo internacional. Febrero 15 al 17. ORGANIZADA POR ANATO.



### II EXPOSORT

Un encuentro internacional de manufactureros y distribuidores de productos deportivos y equipos afines. Marzo 29 al 2 de abril. EN ASOCIO CON EXSPORT S.A.



### VIII FERIA INTERNACIONAL DEL LIBRO

Es la cita cultural y comercial más importante del año entre lectores, editores, importadores y famosos autores de varios países. Brasil es el país invitado de honor. Abril 26 a mayo 8. EN ASOCIO CON LA CAMARA COLOMBIANA DEL LIBRO.



### III EXPOCONSTRUCCION Y EXPODISEÑO

Es el evento con carácter internacional que reúne en un solo recinto los productos, materiales, equipos y avances tecnológicos de la construcción y el diseño arquitectónico, industrial y visual. Mayo 17 al 25. EN ASOCIO CON CAMACOL Y PRODISEÑO.



### IV GONDOLA

Encuentro de los supermercados y almacenes por departamentos. Mayo 31 a Junio 2. EN ASOCIO CON FENALCO NACIONAL.



### X EXPOPARTES

Reúne productores y representantes nacionales e internacionales de las compañías más representativas de partes y piezas para automotores. Junio 5 al 8. EN ASOCIO CON ASOPARTES.



### IX POTECNIA 95

Feria de la Industria Española, organizada por el Instituto Español de Comercio Exterior ICEX. Junio 9 al 14.



### III EXPOMILITAR

Gran exhibición de la dotación militar colombiana, con la participación de las empresas proveedoras de las Fuerzas Militares. Junio 20 al 25. EN ASOCIO CON EL EJERCITO NACIONAL.



### TEXMODA 95

Textilgrupo y Corferías se han unido para presentar una muestra especializada del sector textil y de la moda en Colombia. Junio 28 al 30.



### X AGROEXPO

Es la feria más importante de América Latina, con lo último en maquinaria agrícola, salones especializados del sector, además de una destacada exposición ganadera, equina y de especies menores. Julio 14 al 23.



### XXVIII COLOMBIAN LEATHER MARKET

Segunda versión anual. Agosto 1 al 5. EN ASOCIO CON ASOCUEROS, CORNICAL Y FEDECURTIDORES.



### EXPOSOCIAL

Segunda Feria del Sector Social. Agosto 9 al 13. EN ASOCIO CON LA CORPORACION MINUTO DE DIOS.



### IV EXPOSALUD

Es el evento que reúne a fabricantes e importadores, congregados entorno a los avances científicos en equipos médicos, odontológicos y hospitalarios. Agosto 15 al 19.



### III PROFLORES

Es la feria internacional de las flores, donde se resalta la imagen de la floricultura colombiana. Agosto 24 al 27. ORGANIZADA POR ASOCOLFLORES.



### FERIA DEL HOGAR

Certamen con el atractivo de venta directa al público de bienes de consumo nacionales e importados. Septiembre 1 al 17.



### EXPOFRANQUICIAS 1995

Es el evento que permite reunir empresas de todo el mundo, que ofrecen los derechos de explotación de marcas, servicios y conocimientos experimentados de éxito comercial, con inversionistas colombianos que quieran establecer acuerdos de cooperación mutua y dar vía libre a sus iniciativas comerciales. Septiembre 21 al 24.



### IV EXPOCIENCIA Y EXPOTECNOLOGIA

En el marco de la apertura económica, es la muestra de los últimos avances científicos y tecnológicos a nivel nacional e internacional. Septiembre 28 a octubre 8.



### XIV COMPUEXPO SOFTWARE

Es la feria internacional especializada que pone al servicio de Colombia lo último en computadores, programas y equipos de oficina. Octubre 19 al 24. EN ASOCIO CON ACIS-ACUC-INDUSOFT.



### IV TELEXPO

Es el evento que reúne fabricantes y representantes de las empresas nacionales y extranjeras más importantes en el mercado de la telefonía celular, servicios de satélites, comunicaciones ópticas, gestión de redes etc. Octubre 19 al 24.



### III JUVENALIA

Festival de la infancia y la juventud. Recoge y divulga la inquietud juvenil a través de sus expositores cuyos productos están directamente relacionados con el público infantil y juvenil, nuestro invitado de honor. Octubre 27 a noviembre 6.



### II ANDIGRAFICA

Es la feria industrial especializada, en la cual se exhibirá maquinaria, equipos, accesorios, materias primas, insumos y servicios para los procesos de preimpresión, impresión y postimpresión. Noviembre 1 al 5. EN ASOCIO CON ANDIGRAF.



### III ANDINA-PACK

Es la feria que invita a los proveedores a presentar avances tecnológicos en envases, embalajes, maquinaria, materia prima y servicios. Noviembre 15 al 18. EN ASOCIO CON PAFYC LTDA.



### III FERIA INTERNACIONAL DEL AUTOMOVIL

Muestra comercial y deportiva, que exhibe los últimos modelos de automóviles, motos y accesorios. Noviembre 23 a diciembre 3. EN ASOCIO CON FENALCO.



### V EXPOARTESANIAS

Con lo más representativo en artesanías colombianas y de otros países. Diciembre 7 al 17. EN ASOCIO CON ARTESANIAS DE COLOMBIA.



**CORFERIAS**

Motor de desarrollo de América Latina



# Los hornos de la industria al manejo de residuos sólidos

**E**l manejo adecuado de residuos sólidos y peligrosos es un problema delicado en muchos países, especialmente cuando los sitios recomendados para rellenos sanitarios se han tornado tan escasos. La incineración se considera, entonces, como un método apropiado para la disposición de estos residuos; sin embargo, a pesar de ofrecer un correcto diseño y operación y alta capacidad de destrucción, los incineradores crean una nueva fuente de emisión contaminante y normalmente no recuperan el valor energético del material de desecho, causando así un incremento en el consumo del combustible fósil necesario para operarlos.

En Brisbane, Australia, se efectuó en septiembre de 1992 una conferencia internacional, "Kilnburn-92", en la cual trece países presentaron y discutieron el papel de los hornos de cemento en el manejo de residuos sólidos y peligrosos. Los resultados y conclusiones fueron muy atractivos y promisorios, teniendo en cuenta que, en contraste con la incineración, la recuperación de energía gracias al uso de residuos como combustible adicional o como remplazo de algunas materias primas complementarias en la alimentación de hornos de cemento, constituye una de las mejores tecnologías para el manejo completo, seguro y económico de estos residuos. Algunos de los hallazgos más importantes en Kilnburn-92 se resumen a continuación.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) no posee datos que indiquen que

las emisiones de residuos peligrosos quemados en un horno presenten riesgo para la salud humana o el ambiente, o que existan niveles sensibles de metales tóxicos en el producto final del cemento.

En los Estados Unidos más del 70% de los desechos tratados en rellenos tienen suficiente potencial energético para ser utilizados en hornos cementeros como combustible derivado de residuos; éstos incluyen residuos peligrosos como solventes desengrasantes y de la industria de pinturas, lodos de refinación del petróleo, alquitrán, desechos de la industria gráfica, residuos municipales, y no peligrosos como aceites usados, neumáticos y llantas, plásticos y papel.

Es creciente la tendencia en Estados Unidos hacia la sustitución de ciertas materias primas de proceso del cemento por materiales de desecho, tales como cenizas volantes de plantas de generación eléctrica, suelos contaminados con petróleo, lodos de la industria del papel, óxidos de la industria del acero y arena de fundición.

Ciertos residuos sólidos, como llantas enteras y desechos peligrosos envasados, pueden remplazar hasta un 40% de las necesidades de energía de un horno de cemento, si el combustible de residuos se introduce directamente en la sección media del horno en vez de en la sección de carga.

Dentro de las conclusiones deben mencionarse las siguientes:

- Las principales características de un horno de cementos para

**La industria cementera colombiana tiene potencial favorable para utilizar este proceso innovador y contribuir así a mejorar la conservación del ambiente.**

---

su empleo en esta tecnología son: a) alta temperatura y tiempo de retención prolongado, b) ambiente alcalino natural, c) mínima producción de residuos, y d) elevada capacidad térmica.

- Los beneficios más notables de esta tecnología son: a) recuperación de energía, b) conservación de combustibles fósiles, c) reducción de costos de producción, y d) empleo de instalaciones ya existentes.
- Los hornos pueden lograr eficiencias de destrucción y remoción de residuos superiores al 99,9999%, aun con desechos peligrosos tan difíciles como los policloruros de bifenilo (PCB).
- Una adecuada operación de los hornos evitará emisiones de

# La del cemento y su contribución dos y peligrosos



Horno de una  
planta de  
cemento.

dioxinas y furanos a la atmósfera. Además, emisiones de partículas de residuos clorados pueden controlarse por medio de precipitadores electrostáticos.

- Hasta un 95-99% de los cloruros y más del 99% del plomo que entran en el horno, son retenidos por los sólidos de proceso.

Aunque existen varias plantas de cemento en Estados Unidos y Europa (especialmente en Suiza y Bélgica) que utilizan con éxito esta tecnología y han obtenido ventajas económicas significativas, sólo después de Kilburn-92 algunas com-

pañías cementeras australianas han iniciado el empleo de este proceso, de tal manera que están discutiendo con las autoridades correspondientes sobre el tipo de residuos que alimentarán los hornos, bien sea como combustible suplementario o en sustitución de materias primas. Adicional al interés de la industria cementera por esta tecnología, existen otras industrias dispuestas a negociar con las compañías cementeras la forma de disponer algunos de sus residuos.

La industria cementera colombiana tiene potencial favorable, dadas sus instalaciones, alta capacidad y tecnología, para iniciar investigaciones tendientes a

utilizar este proceso innovador y contribuir así a mejorar la conservación del ambiente.

• • • • •

**Marcelo Riveros Rojas**

Ingeniero Químico

Profesor Asociado,

Dpto. de Ingeniería Química,

Universidad Nacional de Colombia

**Fuente:** Jones PH, Herat S: Use of cement kilns in managing solid and hazardous wastes: Implementation in Australia. *Journal of the Institution of Water and Environmental Management*, April 1994; 8(2): 165-170.

# La metrología y el desarrollo tecnológico

La necesidad de medir las cosas y establecer patrones para compararlas, forma parte de las bases esenciales de la comunicación entre los seres humanos. La vida diaria exige que el hombre pueda expresar racionalmente las características y el valor de las cosas para hacer posible su utilización e intercambio.

Se puede decir que desde el comienzo de la civilización, cuando el hombre ensayó sus primeras formas de organización social y estableció contacto e intercambio con otros grupos humanos, surgió la necesidad de establecer unidades de medida y patrones que pudieran ser aceptados y compartidos tanto por los miembros de la misma comunidad como por otros individuos. En un principio estos patrones nacían de la experiencia más inmediata del hombre con su entorno. Es así como, por ejemplo, la civilización precolombina de los Chibchas utilizó tres unidades básicas de medida: la longitud, el volumen y el peso. La unidad de medida de longitud la constituía una caña de bambú y su dimensión era la separación entre dos de sus nudos cuando, al ser utilizada como flauta, emitía una nota determinada, de manera que la frecuencia del sonido servía para fijar convencionalmente la medida. La unidad de medida de volumen era así mismo una caña de bambú con capacidad de 1200 granos de arroz, y la de peso estaba representada por el peso de estos 1200 granos de arroz.

Posteriormente, el esfuerzo persistente de los científicos llevó a adoptar convenciones más o menos rigurosas alrededor de los sistemas de medición, los cuales dejaron el camino abierto para una mejor difusión de la ciencia y de los

adelantos tecnológicos, así como para el desarrollo del comercio mundial.

En la sociedad industrial, desde el florecimiento de las ciencias exactas, la técnica y el comercio mundial, la medición adquirió cada vez mayor importancia. Los conocimientos de las ciencias naturales están basados en valores de medición. Cada mercancía que cambia de propietario, tiene que ser medida. Tanto la producción artesanal como la industrial requieren la medición de los componentes utilizados; incluso el diagnóstico médico está basado en valores que son medidos sobre el cuerpo humano.

Así, la medición, y con ella la **metrología**, definida como la ciencia de la medición, se han convertido en una parte fundamental de la vida cotidiana, a la vez que en un componente esencial de todas las actividades humanas, desde las ciencias exactas y la alta tecnología hasta el comercio y la productividad industrial.

Sin embargo, a pesar de toda su importancia para la tecnología moderna, la mayoría de las personas asocia el término metrología con artefactos, como por ejemplo la barra de un metro de platino-iridio y la masa del kilogramo de platino-iridio, en París. En reali-

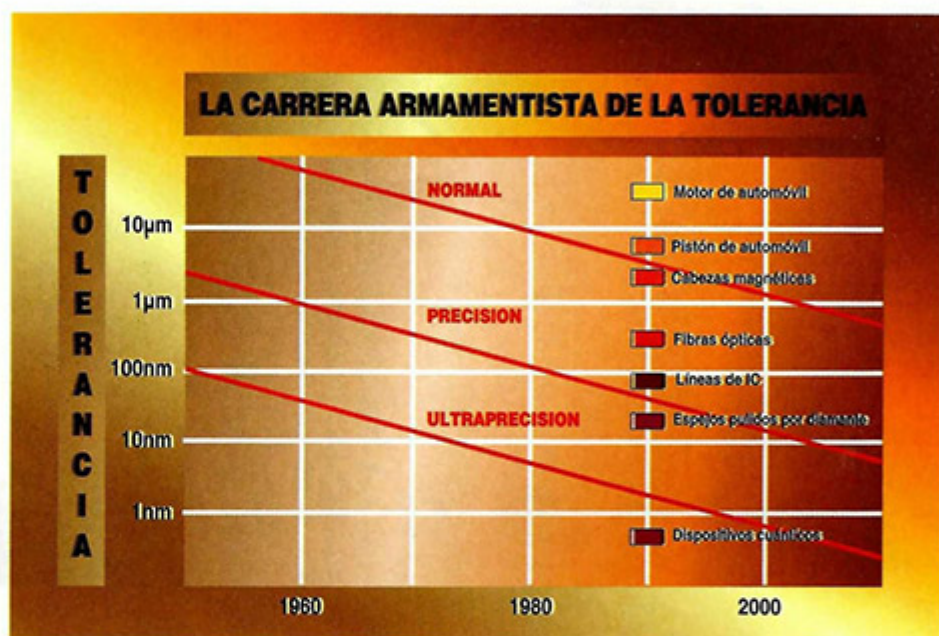


Figura 1.

# gía

dad, la metrología es un esfuerzo persistente, sofisticado y dinámico de avance científico, del que las industrias tecnológicas y la economía dependen cada vez más.

Muchas unidades metroológicas se derivan de un pequeño número de unidades básicas (cualquiera que haya asistido a una clase de física entendiéndolo, por ejemplo, que la aceleración se deriva de la longitud y el tiempo). Cada unidad está asociada con un acuerdo internacional basado en una técnica para definir la unidad, así como también en una o más técnicas de medición secundarias, las cuales son desarrolladas y calibradas, a nivel mundial, por entidades gubernamentales como el Instituto Nacional de Patrones y Tecnología (NIST) en Estados Unidos, la Oficina Internacional de Pesas y Medidas en Francia, el Instituto Físico-Técnico Alemán, etc. La investigación en metrología es una responsabilidad del gobierno central, que para llevarla a cabo trabaja en coordinación con las industrias de alta tecnología.

En Colombia la entidad encargada es el Centro de Control de Calidad y Metrología (CCCM), de la Superintendencia de Industria y Comercio, que actualmente adelanta una gran labor en el desarrollo de los patrones nacionales de medición, así como en la prestación de servicios de calibración y asistencia técnica a la industria y a las comunidades científicas y académicas del país.

## La alta tecnología exige el desarrollo de sistemas y técnicas de medición cada vez más exactos y universalmente aceptados.

El siguiente ejemplo puede ilustrarnos sobre el papel preponderante de la metrología en la economía de las naciones. En 1992, el Producto Interno Bruto de Colombia se elevó a cerca de 34 billones de pesos (alrededor de 40.000 millones de dólares). El DANE y Fenalco estiman que el consumo privado contribuye con un 66% al PIB. Suponiendo que el 20% de este consumo privado llega al consumidor final con base en mediciones ejecutadas con balanzas u otros instrumentos de medición (surtidores de gasolina, básculas de puertos y aduanas, medidores y contadores de servicios públicos, taxímetros, etc.); si éstos se encuentran afectados por un error supuesto de  $\pm 8\%$  (debido a la ausencia de un control), esto correspondería a la enorme suma de 450.000 millones de pesos (380 millones de dólares), o aproximadamente el 1,3% del PIB. Este ejemplo muestra claramente que inexactitudes metroológicas pueden resultar en diferencias grandes cuando se trata de la formación de precios; y estas diferencias casi siempre corren por cuenta de los pequeños productores y del consumidor final.

Así mismo, las exigencias con respecto a la exactitud de la medición en ciencia y tecnología son cada vez más rigurosas. Esto ha obligado a desarrollar métodos completamente nuevos con el fin de resolver los problemas técnicos de medición en todos los campos de la industria y la tecnología. Para tal fin son necesarias inversiones considerables en trabajos de investigación.

Es precisamente en el campo de la alta tecnología, como la industria de componentes microelectrónicos, los sistemas, las telecomunicaciones, la tecnología espacial, etc., donde se ha visto la necesidad de establecer sistemas y técnicas de medición cada vez más exactos y universalmente aceptados. En este sentido la investigación actual en metrología se orienta hacia el desarrollo de las unidades básicas de medición (longitud, tiempo, electricidad, etc.) en el terreno de los dispositivos cuánticos para la manipulación de cargas atómicas. Estos dispositivos cuánticos serán la fuente de desarrollo de los componentes electrónicos en el próximo siglo, pero para poder hacerlos se requerirán tolerancias de fabricación en mediciones aún no disponibles (figura 1). Por ejemplo, los límites actuales sobre la exactitud en la medición de longitud están alrededor de un nanómetro; sin embargo, el soporte metroológico para la manufactura de dispositivos cuánticos requerirá exactitudes más de 30 veces mejores que el límite actual. Serán necesarios enormes esfuerzos en investigación y desarrollo tecnológico y grandes recursos económicos y humanos para lograr tales exactitudes.

Como puede deducirse, la metrología tiene que ver con todas las ciencias. Las dimensiones de una bacteria o de nuestras viviendas; el peso molecular de un elemento químico o las exportaciones de café, son competencia de la metrología y afectan la vida, ya sea en nuestro quehacer cotidiano o en el avance de las tecnologías que aseguran un futuro mejor.

Orlando Cedeño Tamayo

Director,  
Centro de Control de Calidad  
y Metrología de Colombia

### MEDICINA

## Cómo matar de hambre los tumores

Este es el punto de no retorno para muchos pacientes con cáncer. Un puñado de células malignas en el cuerpo ha envuelto algunos vasos sanguíneos cercanos para alimentarse de ellos. Ahora la pequeña masa puede extraer todos los nutrientes que necesita para convertirse en un tumor sólido y una amenaza para la vida. No mucho puede detener su crecimiento ni la producción de metástasis debidas al viaje de las células cancerosas a lo largo de los vasos hasta otros puntos del cuerpo.

Por años los médicos han investigado acerca de formas para cortar estas líneas de satisfacción de necesidades y poder eliminar los tumores de sus pacientes. Pero la biología del crecimiento de los vasos sanguíneos es tan complicada, que muchos de sus esfuerzos han fallado. Recientemente, científicos del Scripps Research Institute en La Jolla, California, anunciaron que podrían haber encontrado una estrategia efectiva contra el cáncer. En un estudio publicado en la revista *Cell*, los investigadores del Scripps reportaron que habían descubierto un interruptor bioquímico que ataca el crecimiento de los va-

sos sanguíneos en casi todos los tumores en animales de laboratorio. Mediante el uso de dos proteínas que ellos mismos desarrollaron, lograron disolver los vasos sanguíneos. Deprivados de su aporte sanguíneo, los tumores rápidamente se vuelven más pequeños y en algunos casos desaparecen por completo.

Lo que es particularmente extraordinario sobre el tratamiento en potencia es que, contrario a las terapias tradicionales contra el cáncer, ésta parece no afectar los tejidos normales. Las proteínas interfieren un paso que es importante únicamente en la creación de nuevos vasos sanguíneos. Las arterias, venas y capilares que existen previamente no se ven afectados. Además, los científicos encontraron que estos agentes bloqueadores son tan poderosos, que fue necesaria sólo una inyección para producir resultados inesperadamente dramáticos.

Dos compañías planean probar las proteínas antitumorales en humanos. Sin embargo, los estudios clínicos no comenzarán antes de 1996. Una de las investigaciones complementarias más importantes que los científicos de-

ben desarrollar, es la forma en que los agentes bloqueadores van a evitar la formación de nuevos vasos durante el proceso normal de reparación de cortadas y otras heridas. También deberán poner especial atención a la seguridad de las mujeres que usen estas proteínas. La creación de nuevos vasos sanguíneos es parte normal del ciclo menstrual y es esencial para el embarazo mientras el feto crece y se desarrolla. De este modo, una proteína que disuelva los nuevos vasos sanguíneos no sería apropiada en mujeres que aún no han llegado a la menopausia.

Aunque falta mucho por investigar, los hallazgos de Scripps son prometedores. Los médicos y sus pacientes saben que los tumores malignos tienen la desagradable particularidad de superar cualquier tratamiento que se les administre. Un tratamiento combinado que utilice la deprivación del aporte sanguíneo al tumor, mientras al mismo tiempo se le ataca con las armas tradicionales, puede ser una estrategia poderosa en la lucha contra el cáncer.

**Manuel Cardozo, M.D.**  
Director de Publicaciones,  
ACAC

### Las imágenes cerebrales marcan los sexos como dos mundos separados

Un estudio reciente sugiere que, aun cuando la comunicación entre los sexos es buena, los cerebros de hombres y mujeres tienen diferencias típicas en por lo menos un paso importante en la composición del lenguaje.

Esta divergencia tiene lugar en la región frontal del cerebro ligada a la regulación de los sonidos del habla. Esta área muestra respuestas específicas ligadas al sexo, frente a tareas simples necesarias para la comprensión de los sonidos correspondientes a las letras escritas, según afirma Bennett A. Shaywitz, neurólogo de la Escuela de Medicina de la Universidad de Yale, en un artículo publicado en la revista *Nature* el pasado 16 de febrero. En efecto, en el hombre el trabajo lingüístico desencadena actividad cerebral principalmente en el hemisferio izquierdo; en las mujeres, ambos hemisferios responden en igual proporción.

Shaywitz y sus colaboradores estudiaron a 19 hombres y 19 mujeres, todos diestros, utilizando imágenes de resonancia nuclear magnética. Esta técnica permitió a los científicos medir los cambios de flujo cerebral en áreas específicas del cerebro.

Los investigadores inicialmente localizaron las oleadas de flujo sanguíneo desencadenadas por el proceso general de la visión y por el reconocimiento de las letras durante un test en el que los voluntarios juzgaban dos grupos de cadenas de letras que seguían el mismo patrón de mayúsculas o minúsculas. Entonces, recogieron los datos de flujo sanguíneo mientras los voluntarios decidían cuáles pares de palabras rimaban. La abstracción de las imágenes anteriores, frente a las siguientes, produjo una visión de actividad cerebral dedicada solamente al manejo mental de los sonidos hablados en la rima. En este ejercicio, el flujo sanguíneo se aceleró en el área conocida como circunvolución frontal inferior.

En los 19 hombres el incremento se concentró en el hemisferio izquierdo del lóbulo frontal. En 11 mujeres, el flujo sanguíneo se incrementó por igual en ambos lados del cerebro; en las otras 8, se desencadenó un aumento en el hemisferio izquierdo pero mucho menor que el observado en los hombres. Estos datos proveen evidencia clara de diferencias sexuales en la organización funcional del cerebro para un componente específico del lenguaje.

**Manuel Cardozo, M.D.**  
Director de Publicaciones,  
ACAC

### ¿Por qué se retrasó la migración de los homínidos a Europa?

En excavaciones arqueológicas realizadas en Georgia (Asia) se encontró una mandíbula que representa la evidencia más antigua de los ancestros humanos en esa región de Asia (y posiblemente de cualquier lugar fuera de África).

La mandíbula, bien conservada y con todos sus dientes, perteneció a un individuo *Homo erectus* que vivió entre 1.800.000 y 1.600.000 años atrás, aseguraron Leo Gabunia y A. Vekua, antropólogos de la Academia de Ciencias de Georgia en Tbilisi.

Si la edad estimada fuera cierta, indicaría que ocurrió un retraso para la entrada de los ancestros humanos a Europa desde Asia occidental. Estudios previos datan la ocupación humana de Europa hace no menos de 500.000 años. Esto sugiere que los humanos esperaron fuera de las puertas de Europa por lo menos durante un millón de años, o habitaron el continente en una densidad muy baja durante este intervalo de tiempo, según concluyen Gabunia y Vekua en un artículo publicado en la revista *Nature* el 9 de febrero.

Los investigadores no saben por qué los ancestros humanos de Asia occidental esperaron casi un millón de años antes de emigrar hacia el occidente. Se ha propuesto que las frías temperaturas y los peligrosos carnívoros de Europa pudieron tener al *H. erectus* alejado, hasta que la especie desarrolló armas de piedra y sistemas sociales adecuados para sobrevivir en estas condiciones.

**Manuel Cardozo, M.D.**  
Director de Publicaciones,  
ACAC

# ¿Qué son los medios di



“ Parece que desde la  
escala del núcleo atómico,  
con sus múltiples  
partículas elementales,  
hasta la escala  
del universo, con sus  
múltiples estrellas,  
galaxias y cúmulos  
de galaxias, la materia  
escogió para manifestarse  
el *estado disperso*. ”

# persados?

**Daniel Quemada**

Laboratoire de Bio-Rhéologie et Hydrodynamique Physicochimique  
Université Paris VII

**Mauricio Hoyos**

Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes  
Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles  
París, Francia

**T**odos los días estamos en contacto con materiales fluidos, más o menos líquidos (o más o menos espesos); en efecto, para una buena parte de nosotros, la jornada comienza con un desayuno donde aparecen productos lácteos como la leche, el yogur, la mantequilla, etc., y productos no lácteos como la mermelada, la miel, las compotas, etc. En seguida (o antes) viene la hora del baño donde hacen su aparición el jabón líquido, el champú, la crema de afeitar, la crema de dientes, las lociones y un número respetable de productos de belleza. Es decir, solamente al comienzo del día, ya hemos consumido una cantidad y variedad impresionante de productos, los cuales, aunque están constituidos de múltiples compuestos, se nos presentan a menudo como materiales deformables (líquidos o espesos), homogéneos (o casi) a nuestra escala (la cual llamaremos "macroscópica"). Es sin duda este carácter multicomponente de dichos materiales lo que justifica el nombre que se les da de "fluidos complejos". Sería posible continuar enumerando no sólo productos destinados a la alimentación y al aseo sino también aquellos que conciernen al dominio biomédico (biofluidos), como la sangre y los medicamentos líquidos, o los fluidos industriales. Podríamos agregar también los materiales, utilizados sólidos, pero cuya fabricación pasa por una etapa fluida (por ejemplo: los quesos, el pan y las pastas, los patés, etc., refiriéndonos sólo al campo de la alimentación).

Saber y comprender cómo fluyen (y/o se deforman) esos materiales tiene evidentemente una gran importancia para el industrial, quien debe prever no sólo las características de sus

productos (para poder evaluar su rendimiento y sus costos), sino que debe considerar la demanda del consumidor en materia de calidad del producto. Sin embargo, y es una particularidad de los fluidos complejos, las cualidades del material no dependen únicamente de la calidad de sus componentes, sino también (y a menudo en gran parte) de los procedimientos de fabricación, los cuales ponen en juego los flujos. Esta influencia de los flujos sobre la calidad de un producto ha tomado tanta importancia que recientemente ha surgido un nuevo dominio de investigación aplicada: la *ingeniería de procesos*, la cual trata de definir y de optimizar un conjunto de operaciones unitarias, que en su mayoría (y cada vez más debido al desarrollo de producciones masivas) hacen intervenir flujos (agitadores, mezcladores, etc.), asociados con transferencia de masa y/o de calor (oxigenadores, cubetas de decantación, unidades de filtración, dispositivos de secamiento, cocción, etc.).

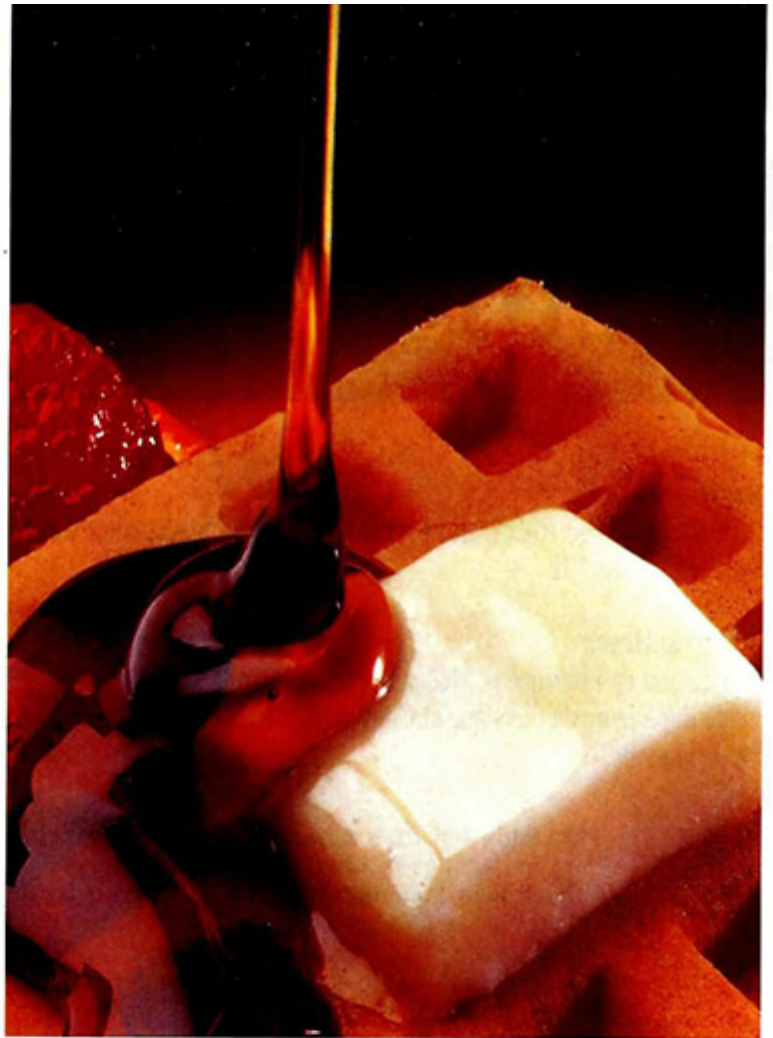
Durante mucho tiempo el saber empírico dio resultados satisfactorios, pero la aparición de nuevos productos y la adaptación de nuevas técnicas de producción (para hacerle frente al aumento de la demanda y al mismo tiempo a las coyunturas económicas), han mostrado la necesidad de profundizar el conocimiento y la comprensión del flujo de esos fluidos. Allí hay retos económicos considerables, sobre todo para la industria agroalimentaria. Por ejemplo, todavía no se sabe llevar a la escala de producción industrial la "historia" de la fabricación del queso tal como la define el fabricante artesanal (es decir, la escogencia y el comienzo de las diferentes fases de fabricación), cosa que es muy importante puesto que un pequeño atraso en el comienzo de una de estas fases puede tener consecuencias muy graves, como hacer que todo el flujo no pueda ser utilizado.

Para satisfacer la necesidad de estudios más profundos, se consideran sistemas más simples (en particular, reduciendo al máximo los componentes del material), sometidos a condiciones de flujo controlables (utilizando geometrías simples). Estudios de este tipo han mostrado que un gran número de cuestiones quedan todavía sin resolver, creando un interés particular en la comunidad científica.

Dijimos anteriormente que los fluidos complejos son materiales casi homogéneos: la sangre no deja ver sus constituyentes, como los glóbulos rojos y los blancos, lo mismo que la leche. Sin embargo, una observación más minuciosa y más fina, con una lupa o un microscopio, permite distinguir pequeños elementos (por simplificar los llamaremos partículas) inmersos en el fluido cuya apariencia es continua. La presencia de esas pequeñas partículas dispersas en un fluido permite llamar a dichos productos **dispersiones**. Esta presencia tiene una consecuencia fundamental: hace posible la formación de microestructuras, especies de conglomerados formados por asociación de partículas o de conglomerados mismos. En reposo, la existencia de tales estructuras en el fluido es responsable, al menos en parte, de ciertas propiedades del fluido. Pero la sensibilidad de estas estructuras al flujo, originará modificaciones de sus propiedades que llevan muchas veces a comportamientos completamente nuevos en comparación con líquidos ordinarios como el agua o los aceites minerales.

Muchos de dichos comportamientos son extraños y piden ser comprendidos. Veremos algunos ejemplos. Es justamente el estudio de esta interrelación «comportamiento-estructura» lo que se muestra apasionante; bien comprendida, ella permitirá predecir no sólo los flujos de un fluido complejo conocido bajo condiciones bien definidas, sino también (lo cual puede llegar a ser lo más importante del estudio) cómo se puede modificar el producto (por ejemplo, cambiar su composición) para darle propiedades de utilización lo más cercanas posibles a ciertas propiedades predefinidas.

En primera instancia, parecería que los fluidos antes mencionados, debido a su gran diversidad, no tuviesen características comunes y que cada sistema necesitase un análisis particular. Vamos a ver, por el contrario, que existen comportamientos **reológicos** comunes entre un gran número de materiales, cosa que hace atractivo su estudio. Recordemos que *la reología es la ciencia de las deformaciones y de los flujos de la materia*. Sin embargo, sería



ilusorio intentar ser exhaustivo (inclusive quedándonos en el solo dominio agroalimentario) y nos limitaremos a citar, por cada medio dispersado, algunos ejemplos significativos.

## El estado disperso, ¿una nueva forma de la materia?

La denominación general **medio dispersado** o **dispersión** cubre un conjunto de sistemas tales como:

- *las suspensiones* (partículas sólidas en un líquido);
- *las emulsiones* (gotitas líquidas en un líquido no miscible);
- *los aerosoles, la niebla* (gotitas líquidas en un gas);
- *el humo, el polvo, los materiales granulares* (partículas sólidas en un fluido, gas o líquido más o menos complejo);
- *las espumas* (burbujas en un líquido o en una mezcla de líquido y sólido);
- los materiales sólidos cuya fabricación pasa por una etapa líquida, como las cerámicas.

Detallaremos en seguida algunos ejemplos.

## Las suspensiones

En este primer grupo podemos citar, por ejemplo, las pinturas y los revestimientos, el lodo de perforación de pozos petroleros (drilling mud en inglés), etc.

A semejanza del látex natural que se extrae de la savia del árbol hevea, los «látex» son dispersiones de pequeñas partículas de polímero fabricadas polimerizando las gotitas de una emulsión acuosa de monómeros. Agregadas a la pintura (que en sí misma es una suspensión de pigmentos coloreados), las partículas se asocian para formar, cuando la pintura está en reposo, las estructuras internas (microestructuras), mientras que un flujo (en particular producido por el movimiento de un pincel o de un rodillo) rompe dichas estructuras. Esto permite dar a la pintura dos cualidades en principio contradictorias, a saber: a) la facilidad de pintar; es decir, una gran fluidez cuando se aplica, y b) la ventaja de no gotear cuando se aplica sobre una pared vertical o sobre un techo, lo cual requiere que una capa de pintura sea muy viscosa o que esté gelificada en reposo.

Otros tipos de látex se utilizan para la «pega del papel» durante su fabricación. Esta operación, necesaria para la buena calidad de la impresión (si se tiene en cuenta que para obtener el color se deben aplicar varias impresiones sucesivas), consiste en «pegar» las fibras de celulosa que sobrepasan la superficie de la hoja en estado bruto. Esta «pega» se obtiene aplastando estas fibras de celulosa con una capa delgada de partículas minerales (calcáreo, caolín, etc., cuya talla media es del orden de un centésimo de milímetro), que mantienen su cohesión cuando se agrega el látex (con una talla de partículas 100 veces más pequeña), el cual se deposita en la superficie de la hoja de papel; durante el secado de la hoja, las partículas de látex se sueldan para formar una película muy fina.

Hay que tener en cuenta que antiguamente se utilizaban diferentes pegantes, como gelatinas, que daban como resultado papeles muy pesados. Actualmente la utilización del látex ha conducido a técnicas de fabricación de papeles mucho más livianos, lo que ha hecho posible, en el caso de la prensa por ejemplo, las ediciones en colores. Por otra parte, los látex semejantes a aquellos utilizados para el papel, asociados con partículas que se pueden imanar, constituyen los fluidos que revisten las bandas magnéticas de los videocasetes.

## Las emulsiones

El grupo de las emulsiones abarca un gran dominio de aplicaciones; en el campo agroalimentario y en los cosméticos encontramos los ejemplos más familiares. Así, las emulsiones alimenticias (vinagretas, mostaza, salsas, mayonesa y otras) están constituidas principalmente por pequeñas gotas de aceite dispersas en agua (con diferentes aditivos que les aportan los colores y gustos), formando un producto cuya homogeneidad es uno de los elementos de su calidad.

Pero como la mezcla agua/aceite tiene tendencia a separarse y formar una capa de aceite suspendida sobre una capa de agua, es necesario impedir la coalescencia, es decir, que dos gotas se fundan para formar una gota mayor. Esto se obtiene introduciendo emolientes que estabilicen la emulsión gracias a un mecanismo que pone en juego las interacciones entre partículas (en este caso, interacciones repulsivas, contrario al caso de las pinturas donde éstas son atractivas). Sin embargo, ciertos componentes pueden limitar el efecto de los emolientes, exigiendo que el producto se agite antes de su utilización, como es el caso de algunas lociones capilares, o de la emulsión de Scott, por ejemplo.

El mismo tipo de estabilización se utiliza en las cremas y las leches de belleza, cuyo éxito actual reside en la posibilidad de disminuir el contenido de cuerpos grasos reduciendo la talla de las gotas dispersadas, ya que así hay una mejor y más profunda penetración en la piel. Con las emulsiones inversas (gotitas de agua dispersas en aceite) se fabrican cremas hidratantes cuya acción está directamente ligada a las minúsculas gotas de agua que penetran en la piel a través de los poros (esta es la forma de hidratar la piel, ya que ella es impermeable al agua pero no al aceite).

## La neblina y los aerosoles

La naturaleza de la neblina atmosférica es suficientemente conocida y podemos tomarla como ejemplo de dispersión de un líquido en un gas. Ella constituye un buen ejemplo de los efectos de la gravedad sobre las partículas de una dispersión: cuando su talla es demasiado pequeña, los choques incesantes de las moléculas de aire con la partícula la mantienen suspendida. Los aerosoles son bien conocidos en medicina pulmonar; esta forma dispersada del medicamento le permite penetrar en los

bronquios más o menos profundamente, de acuerdo con el tamaño de las gotas, dando así la posibilidad de seleccionar la zona enferma. Esta es la posibilidad que infortunadamente tienen ciertos contaminantes y agentes microbianos (a menudo depositados sobre la superficie de las pequeñas gotas de neblina) de penetrar profundamente y volverse tóxicos y patógenos.

### El humo, el polvo, los materiales granulares

Por razones análogas a las que acabamos de exponer, el humo y más ampliamente las nubes de pequeños granos de polvo, existentes cerca de donde se extrae la arena y el cemento, pueden ser en extremo contaminantes. Estos materiales originan la silicosis de los mineros y en general las enfermedades o accidentes pulmonares provocados por la inhalación de humo y polvo (en particular del asbesto utilizado frecuentemente como aislante térmico en las casas).

En el caso de partículas dispersadas mucho más grandes, donde la gravedad juega un papel dominante, la dispersión (llamada polvo o granulado, o más generalmente materiales granulares, puesto que su estudio se desarrolla como una nueva ciencia) forma en reposo pilas, dunas, etc. En presencia de un flujo fuerte de un fluido (gas o líquido), las partículas pueden ser arrastradas y formar con el fluido una verdadera suspensión con autonomía propia (se dice aquí que hay *fluidización*); así, las partículas sólidas pueden ser transportadas a través de grandes distancias, como ocurre con las ondulaciones de las dunas en el desierto.

En el caso en el cual el flujo se dirige en sentido contrario al de la gravedad, existe una velocidad crítica en la que la fuerza de fricción viscosa, llamada fuerza de Stokes, se equilibra con la de la gravedad; en este caso las partículas pueden quedar inmóviles (como cuando un chorro de agua deja suspendida una bola en la punta del chorro); la dispersión forma lo que se llama un *lecho fluidizado*. Aquí, las partículas, en estado de flotación, tienen cada una un máximo de su superficie en contacto con el fluido; esta situación es de gran importancia en el campo de la ingeniería de procesos, para casos donde la superficie de intercambio juega un papel primordial, como por ejemplo en las reacciones catalíticas.

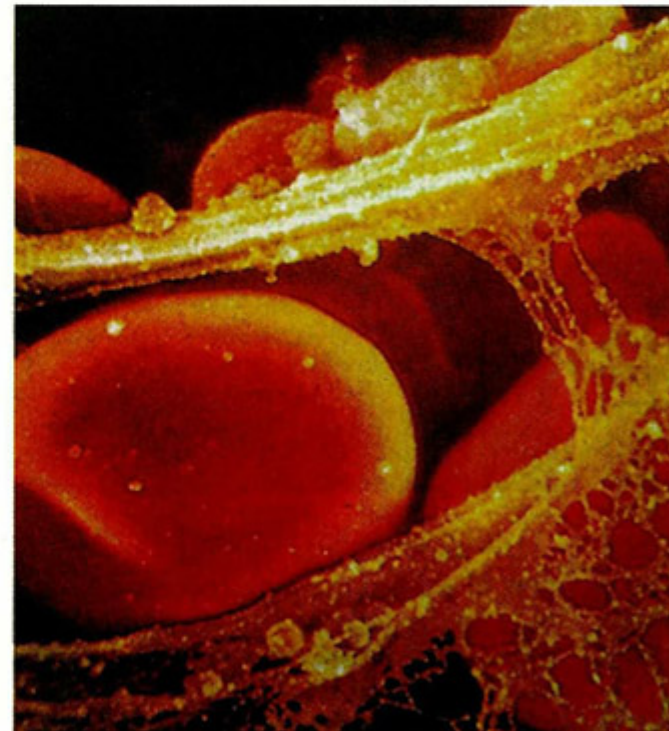
### Las espumas

La formación de espumas es a menudo el resultado de un proceso químico (sobre todo en los fermentadores), pero puede ser también un

efecto secundario del flujo, en particular cuando existe una interfaz de gas cuando el líquido se agita. La presencia de espumas puede molestar, inclusive impedir el flujo, formando tacos en los cuales las fuerzas capilares juegan evidentemente un papel esencial. Sin embargo, es posible que el estado espumoso sea deseado, como es el caso de varios tipos de vino o en alimentos donde la espuma ayuda por su ligereza (en los postres y cremas) o para permitir una mejor cocción en volumen (si pensamos en los merengues o en las múltiples clases de pan), ya que la transferencia de calor se hace más fácilmente dentro de una estructura espumosa, gracias al vapor contenido en los huecos, que dentro de pastas densas, las cuales a menudo son malas conductoras del calor.

### La sangre, los biofluidos

En la frontera entre las emulsiones y las suspensiones encontramos la sangre, una dispersión formada por una variedad de partículas (principalmente glóbulos rojos, que son pequeñas bolsitas deformables llenas de hemoglobina), suspendidas en una solución salina de proteínas, sobre todo albúmina y fibrinógeno. Esta última macromolécula juega un papel muy importante, no sólo formando redes de fibrina (constituyente esencial de los coágulos sanguíneos), sino también creando pequeños



## El estudio

de las dispersiones y de los fluidos complejos adquiere cada vez mayor importancia debido a su gran variedad de aplicaciones en la industria y en la vida diaria.

puentes que ligan los glóbulos rojos, al formar apilamientos por el estilo de una pila de platos, llamados "rollos". Estos rollos, así como estructuras más complejas, formadas, por ejemplo, por agregación reversible de glóbulos (no hay que confundir con la coagulación, la cual es irreversible), son muy sensibles a las fuerzas inducidas por el flujo, permitiendo la regulación de la viscosidad de la sangre. Finalmente, el campo de la biología es muy rico en medios dispersos, citemos la linfa, la sinovia, la mucosa (bronquial, gástrica, cervical, etc.); la leche (y todos sus derivados, cremas, yogures, quesos); la savia de los vegetales, etc.

Todos estos fluidos complejos son no homogéneos por naturaleza, pero la talla extremadamente pequeña de las partículas suspendidas permite describirlos como "medios cuasihomogéneos", para los que se pueden definir, en cada punto del espacio, magnitudes tales como la densidad, la velocidad del fluido, etc.

En fin, notemos que cuando la concentración de la fase dispersada aumenta, se tiende hacia un comportamiento sólido (parecido a una transición de tipo «sol-gel» como la observada durante la gelificación, donde los elementos dispersados establecen ligaduras entre ellos formando grumos o montones). Esta gelificación se alcanza cuando, por la ligazón entre los diferentes conglomerados de macromoléculas y también ligados con partículas o elementos macromoleculares libres, aparece un camino continuo que atraviesa toda la muestra contenida en un recipiente (este mecanismo se llama **percolación**). Evidentemente, a este aumento de concentración le corresponde un aumento catastrófico de la viscosidad (cuando se aproxima al estado sólido la viscosidad tiende al infinito). En la práctica, existe una competencia entre dos objetivos contradictorios, como es disponer de un producto lo más concentrado posible pero que pueda ser de todas formas manipulado, es

decir, que pueda fluir o ser mezclado. A menudo se puede encontrar un compromiso ajustando la granulometría (la repartición de tamaños de las partículas dispersas), como en el caso del concreto, cuyo transporte se hace en camiones especiales que lo mezclan permanentemente y que disponen de tubos especiales por donde el concreto debe fluir en el momento de la distribución.

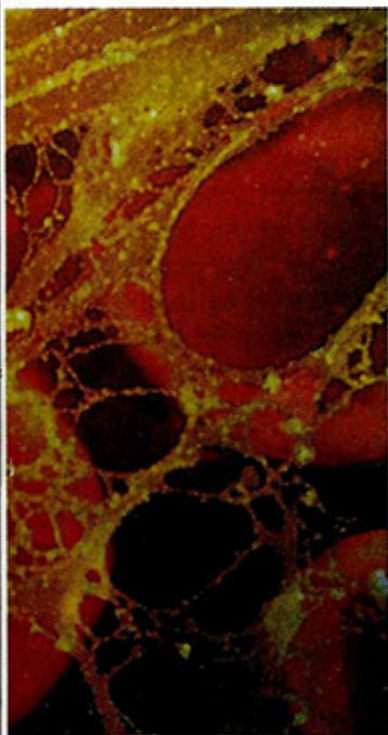
## Propiedades fundamentales de las dispersiones

Con el fin de determinar la viscosidad de un fluido cualquiera, debemos excitarlo, provocando así frotamientos entre las diferentes capas del mismo, lo que nos permite medir la dificultad que tienen las capas de fluido para deslizarse unas sobre otras. Las características fundamentales de un fluido y de su flujo, se determinan observando cómo reacciona el fluido a las diferentes excitaciones o solicitaciones; en el caso de las dispersiones, es muy importante la *duración de la observación* y la *amplitud de la excitación*.

## Influencia de la duración de la observación

Puesto que la propiedad común de los medios dispersos es la de poder fluir, la duración de la observación juega un papel primordial. El flujo de un fluido muy viscoso no puede observarse sino haciendo experiencias que duren mucho tiempo. Cada medio disperso tiene un tiempo característico de flujo que depende de lo que llamamos su microestructura, o sea de la forma como están dispuestos sus elementos dispersados. Así, materiales como un gancho de plástico para colgar ropa, puede fluir si se deja colgado un abrigo lo suficientemente pesado durante mucho tiempo (el gancho se deforma de manera irreversible). Pero si aplicamos un esfuerzo que dure menos tiempo, por ejemplo tratamos de doblarlo con la mano, la respuesta del gancho a esta solicitación será la misma que la de un sólido elástico. Podemos también pensar en las bolsas de plástico del supermercado, las cuales «fluyen» antes de que lleguemos a casa con un mercado pesado, pero son muy difíciles de romper cuando tratamos de hacerlo rápidamente con la misma fuerza que la del peso del mercado.

Entonces, dependiendo del tiempo de análisis, podremos detectar comportamientos de tipo elástico, para tiempos cortos, o viscosos para tiempos largos (tiempos largos pueden ser algu-



nos segundos o inclusive años, dependiendo del material. El tiempo se considera con respecto al tiempo que toma la microestructura del material para organizarse o desorganizarse; también nos podemos situar en tiempos intermedios y el comportamiento del material será "viscoelástico". En general encontramos estos tipos de comportamientos en materiales poliméricos. Lamentablemente, detallar estos comportamientos sale del propósito de este artículo.

### Influencia de la amplitud de la excitación o sollicitación

Cuando la amplitud de la excitación, a tiempos largos, es débil, la respuesta del sistema es lineal, o sea que verifica la ley de Newton, en el caso de un fluido, y la ley de Hooke en el

caso de un sólido (la ley de Hooke dice que el esfuerzo aplicado es proporcional a la deformación del sólido). Para tiempos intermedios de amplitud débil, tenemos la viscoelasticidad lineal, es decir, viscosidad "newtoniana" y elasticidad "hookiana".

Para grandes amplitudes de excitación, la situación se complica ya que la respuesta es no-newtoniana y el comportamiento pasa a ser no-lineal, para el cual, para tiempos intermedios, entraremos en el campo de la viscoelasticidad no-lineal. Sin embargo, hay comportamientos nuevos que aparecen con los nuevos materiales, que hacen que cuando un esfuerzo crece en amplitud y sobrepasa un cierto límite, dicho material se estabiliza y su comportamiento no se modifica más; es el caso de los materiales llamados "tixotrópicos", como ciertas pinturas.

## Conceptos reológicos fundamentales .....

Un "flujo de corte" es aquel cuya velocidad varía perpendicularmente a la dirección del flujo. La forma más simple de hacerlo consiste en crear un flujo entre dos placas planas paralelas; una de ellas se deja fija y la otra se desliza sobre el plano, como lo indica la **figura**. Se pueden definir de esta forma dos magnitudes reológicas fundamentales, el esfuerzo (tensión),  $\sigma$ , y la velocidad de corte (llamada gradiente de velocidad  $\gamma$ ).

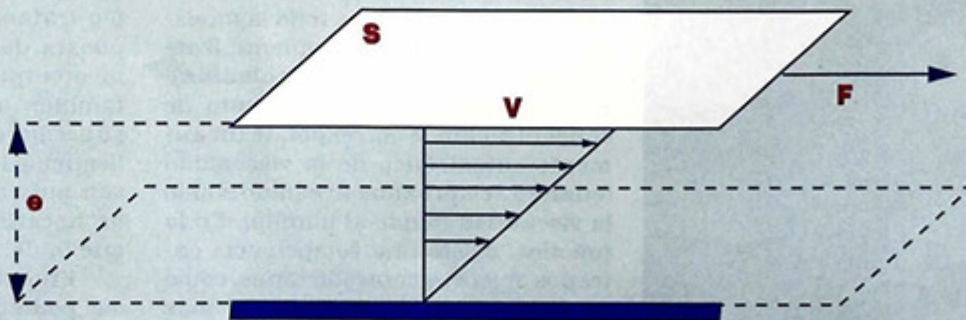
### Flujo de corte plano

Una capa de fluido, de espesor  $e$ , se encuentra entre dos planos horizontales, el plano  $P_1$  inferior que permanece inmóvil y el plano superior  $P_2$  que se desplaza horizontalmente con velocidad uniforme  $V$ . Aislamos mentalmente una parte del plano  $P_2$  de superficie  $S$ . Para mantener su deslizamiento a la velocidad  $V$ , hay que ejercer, en la misma dirección, una fuerza  $F$ , evidentemente proporcional a  $S$ . Se define el "esfuerzo" como la fuerza por unidad de superficie; las unidades del esfuerzo son, pues, las mismas que las de la presión (el Pascal,  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ Newton/m}^2$ ).

El deslizamiento de  $P_2$  a la velocidad  $V$  arrastra, con la misma velocidad, una capa de fluido adyacente debido a rozamientos internos en un fluido real (resultantes de las interacciones entre las moléculas

del fluido en movimiento); así, las capas adyacentes son progresivamente arrastradas pero más lentamente, de tal forma que la velocidad de la última capa en contacto con la pared  $P_1$  se anula. El flujo inducido se hace, pues, en forma de capas que se deslizan las unas sobre las otras (este flujo se llama **laminar**), con una velocidad que varía linealmente de 0 a  $V$  entre  $P_1$  y  $P_2$ , la que podemos expresar por medio de la relación  $v(y) = cy$ , donde  $c$  es una constante. El coeficiente  $c$  es la tasa de variación de la velocidad llamada **velocidad de corte** (aquí se identifica con  $\gamma = dv/dy = V/e$ ;  $\gamma$  es medida en 1/segundo). Este flujo de corte (llamado así por analogía con el flujo que existiría entre las dos láminas de unas tijeras), estará entonces caracterizado por:

- a) un esfuerzo o tensión de corte  $\sigma = F/S$
- b) una velocidad de corte  $\gamma = V/e$



Finalmente, cuando los esfuerzos son de amplitud mucho más grande, los materiales pueden sufrir transformaciones irreversibles, como el rompimiento de cadenas poliméricas, fracturas, etc.

### Interacciones entre los elementos de una dispersión

Para terminar, haremos un pequeño recuento de las interacciones que entran en juego dentro de los medios dispersos, interacciones de las cuales depende la mayor parte de los comportamientos diferentes de las dispersiones.

En una suspensión de partículas, éstas se mueven, ya sea debido a la sedimentación o a la simple agitación térmica, perturbando así el

líquido que las rodea. Si vigilamos una sola partícula, vemos que las perturbaciones de las otras afectan su movimiento, entonces decimos que existe una interacción ya que hay una dependencia de movimientos. Estas interacciones transmitidas por la perturbación del fluido se denominan "hidrodinámicas". Estas interacciones, que dependen de la concentración de la dispersión, llegan a ser muy importantes (dominantes) cuando el tamaño de las partículas sobrepasa el micrón (una milésima de milímetro).

Otro tipo de interacción fundamental en los fluidos dispersados es la interacción electrostática, que existe cuando los elementos dispersos están cargados eléctricamente, como ocurre en la mayoría de las clases de partículas de látex, de las proteínas y de ciertos polímeros. En este caso el valor de la carga y la concentración de la suspensión van a modificar su comportamiento (éste puede controlarse mediante la aplicación de campos eléctricos).

Las fuerzas responsables del fenómeno de agregación de los elementos dispersados de una suspensión son las llamadas fuerzas de Van der Waals (en honor al científico belga que las descubrió). Entrar en este tema nos llevaría mucho tiempo y será tal vez materia de un futuro artículo sobre el estado coloidal. Lo que podemos decir al respecto es que estas interacciones son de muy corto alcance y son atractivas. Las fuerzas de Van der Waals son de origen dipolar, inducidas por las fluctuaciones de la estructura electrónica de las moléculas que componen los elementos dispersos.

Otros tipos de interacciones, utilizadas para estabilizar las suspensiones, causadas por fuerzas de tipo interfacial, pueden jugar un papel importante en el comportamiento de las dispersiones.

Para concluir, podemos decir que la gran diversidad de medios dispersos, naturales o artificiales, además del estado disperso transitorio por el cual pasan muchos materiales durante su etapa de fabricación, nos muestra la complejidad y la importancia indiscutible de dichos fluidos en el mundo que nos rodea. Así pues, la reología y la ingeniería de procesos no pueden estar al margen del desarrollo industrial y tecnológico de un país.

El interés de este flujo simple (llamado viscosimétrico) es el de asegurar la existencia de un gradiente de velocidades en el fluido. Existen otros flujos simples diferentes, como el flujo elongacional, donde la velocidad del fluido varía en la misma dirección del flujo, como en el caso de un tubo cuya sección transversal varía con la distancia.

En un fluido simple (agua, aceite común) las medidas reológicas muestran que  $\sigma$  y  $\gamma$  son proporcionales; entonces podemos decir que  $\sigma = \eta\gamma$ , donde el coeficiente de proporcionalidad  $\eta$  es llamado "viscosidad" del fluido. Esta relación se conoce como ley de Newton; los fluidos que la satisfacen se denominan **fluidos newtonianos**, caracterizados por la viscosidad  $\eta = \text{constante}$ . En el caso de un fluido complejo, en particular en el caso de los fluidos dispersados, esta proporcionalidad entre  $\sigma$  y  $\gamma$  no existe, o sea que la relación  $\sigma = f(\gamma)$  no es lineal; se dice entonces que los fluidos donde esto ocurre son **fluidos no-newtonianos**. De todas formas, se puede definir *viscosidad de la dispersión* por medio del cociente  $\eta = \sigma/\gamma = f(\gamma)/\gamma$ .

La viscosidad de una suspensión con respecto a la viscosidad del fluido puro es en general mayor, ya que, siendo la viscosidad un fenómeno disipativo, las partículas que se encuentran inmersas en el líquido, lo perturban, y a las capas de fluido les cuesta más trabajo desplazarse relativamente (gastan más energía), entonces esta disipación suplementaria trae como consecuencia un aumento de la viscosidad. Dicha variación depende evidentemente de la concentración, pero también depende en gran medida de la forma de las partículas.

# Sismos y c



# onstrucciones

Alberto Sarria  
Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes

## Introducción y aspectos históricos

**T**erremoto, sismo o temblor de tierra, son palabras que tienen el mismo significado. Corresponden a eventos naturales que han azotado y aterrorizado a la humanidad desde que se conformó la especie humana. El de Shansi en 1556, con más de ochocientos mil muertos, y el de Tang Shan en 1976, con cerca de medio millón de víctimas, fueron terremotos de proporciones enormes que afectaron a China<sup>1</sup>. De proporciones similares,

aunque con menor número de víctimas, han ocurrido sismos en otros países. Los más recientes y destructores ocurrieron en Northridge, California, Estados Unidos, en enero de 1994, y en Kobe, Japón, en enero de 1995. Sólo en estos dos sismos, los daños sobre la propiedad representan costos directos muy superiores a cien mil millones de dólares, cifra equivalente a aproximadamente el doble del producto interno de Colombia en el último año.

Popayán en 1736 y 1983, el Antiguo Caldas en 1979 y en menor proporción en ocasiones anteriores, la costa del océano Pacífico en 1906 y 1979, Cúcuta en 1875, Páez en 1994 y el de La Zulia (Pereira) en febrero de 1995, son algunos de los sismos que más han afectado a los colombianos<sup>2</sup>. Los daños combinados de estos eventos su-

man varios centenares de millones de dólares, más de mil muertos y miles de heridos de gravedad.

**L**os sismos  
son eventos  
naturales  
que han azotado  
y aterrorizado  
a la humanidad  
a lo largo  
de toda la historia.



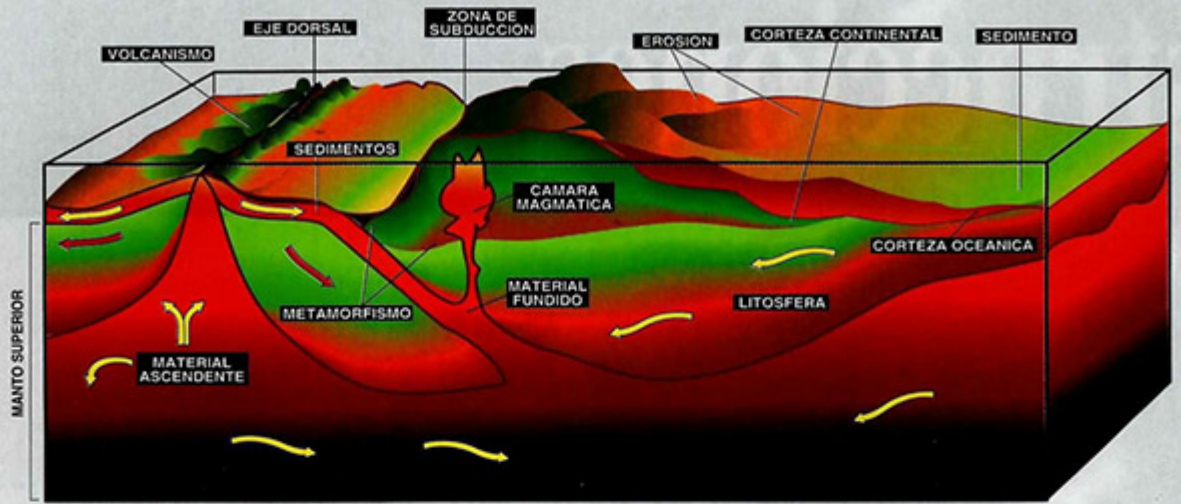


Figura 1. Esquemización de la acción tectónica, que muestra los elementos principales de los movimientos del interior terrestre.

## Tectónica global y el origen de los sismos

El proceso de formación de la Tierra impuso una diferencia de temperaturas de 4200°C entre su centro y la superficie. El cambio de temperatura es un motor que genera muy lentos desplazamientos de masas que conforman trayectorias cerradas, al menos para una buena parte del material en movimiento (figura 1). Las trayectorias mencionadas se denominan celdas de convección, las cuales movilizan material magmático que arrastra consigo parte de la litosfera (corteza externa y rígida de la Tierra, con espesor de 50 a 100 kilómetros, sobre la cual yacen los continentes y los mares). Como consecuencia, partes de la superficie terrestre viajan con trayectorias más o menos indefinidas y sus desplazamientos imponen zonas de convergencia o expansión. Las partes en movimiento se denominan placas tectónicas, de las que en la actualidad hay identificadas un poco más de veinte principales. Todos los movimientos mencionados tienen velocidades del orden de unos pocos centímetros por año.

Hace un poco más de doscientos millones de años existía un solo gran continente denominado Pangea, rodeado por un único y enorme mar llamado Pantalasa. Los movimientos con-

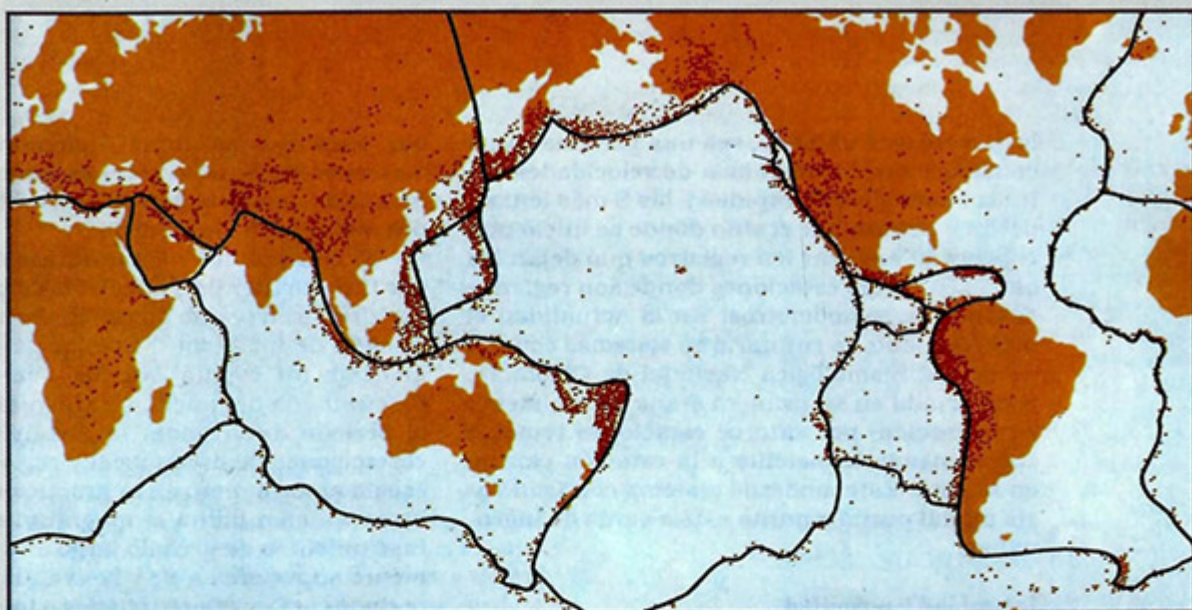
La gran mayoría de los sismos del planeta se presentan en el llamado Cinturón Circumpacífico.

vectivos del material interno dividieron y arrastraron al gran cuerpo para que sus partes viajaran por la superficie del planeta hasta conformar la actual distribución continental. El proceso anotado se conoce como deriva continental.

La tectónica global involucra varios elementos principales; algunos de ellos se aprecian en la figura 1. Primero, las zonas de expansión o dorsales marinas, por donde aflora material de las celdas de convección del interior terrestre con la consecuente expansión de la superficie del planeta. Segundo, las zonas de subducción, donde convergen placas tectónicas y mediante las cuales la misma área que se incrementó

en las dorsales, desaparece consumida hacia el interior terrestre. Tercero, las zonas de fallamiento activo que representan debilidades a lo largo de las cuales se producen rupturas. Cuarto, los volcanes que tienden a agruparse en cadenas sensiblemente paralelas a las zonas de subducción. Quinto, las cadenas montañosas en continentes y mares<sup>2</sup>.

En la figura 2 se observa la distribución de los epicentros sísmicos sobre la superficie del planeta. La mayoría de los eventos ocurre a lo



**Figura 2.** Ubicación de epicentros sísmicos (puntos rojos) en la superficie terrestre.

largo del Cinturón Circumpacífico, que se inicia al sur de Chile, se prolonga por la costa del océano Pacífico de Centro y Norteamérica, llega a Japón y desciende hacia el sur, pasando por Nueva Zelanda. Otra franja menos definida sigue el Mediterráneo y pasa hasta China continental; en ésta también han ocurrido grandes eventos sísmicos. En los océanos Pacífico y Atlántico se ven las franjas de epicentros correspondientes a las zonas de expansión en las dorsales marinas.

En las zonas de convergencia de las placas, sus movimientos las hacen chocar entre sí, poniendo en juego fuerzas activas y pasivas. La primera consecuencia del choque es la formación de montañas al deformarse la superficie; allí también se producen sismos y volcanes. Las fuerzas activas provienen del motor interno mencionado. Las fuerzas pasivas se deben a la fricción y la cohesión de los materiales en juego. La lucha entre estas fuerzas se desarrolla en lapsos con duración de entre decenas y miles de años; se producen entonces deformaciones que acumulan enormes cantidades de energía elástica. Si las fuerzas activas superan a las pasivas ocurre una ruptura y la energía acumulada durante muchos años se libera en unas decenas de segundos. Obsérvese que el tiempo que dura la descarga dividido por el del proceso de carga tiende a cero desde el punto de vista práctico. Esta es parte de la razón de la violencia de lo que ocurre. La otra parte se debe a la cantidad de energía liberada.

La región donde se inicia la ruptura se denomina hipocentro o foco del sismo y su

proyección sobre la superficie terrestre corresponde al epicentro. Profundidades típicas del foco en Colombia, varían entre unos 10 km para los sismos muy superficiales, que son muy pocos, y unos 300 km para los más profundos. Hay casos extremos con foco mucho más profundo. La energía elástica liberada en la ruptura se disipa mediante la propagación de ondas de esfuerzo por el interior y la superficie de la Tierra, poniendo en movimiento las partículas del medio recorrido. Este movimiento de las partículas produce fricción que implica disipación de energía en términos de calor. La disipación de la energía portada por las ondas en términos de calor se combina con un factor asociado al camino recorrido para convertirse en la atenuación ondulatoria. Entre más camino recorran las ondas más débiles van quedando.

En la **figura 3** se observa la trayectoria de las ondas que salen desde el foco y se desplazan en todas las direcciones por el interior del planeta. Parten dos tipos de ondas internas: las P, muy similares a las ondas de sonido, y las S, muy similares en su versión más simple a las que ocurren cuando se fija un lazo por un extremo y en el otro con la mano se le imparten movimientos rítmicos. Las ondas P son más rápidas y se desplazan por sólidos y líquidos; las ondas S portan más energía y sólo se desplazan por los sólidos, lo cual ha permitido deducir la conformación interna del planeta. Las ondas internas generan ondas superficiales que también pueden sacudir las construcciones.

Las deformaciones del medio conductor, producidas por las ondas que pasan, sacuden

lo que allí esté ubicado, sea una persona o una construcción. La diferencia de velocidades entre las ondas P más rápidas y las S más lentas, permite determinar el sitio donde se inició una ruptura al analizar los registros que dejan las ondas en varias estaciones donde son registradas por los sismómetros. En la actualidad el procedimiento es rutinario en sistemas como el de la Red Sismológica Nacional de Colombia, conformada en su primera etapa (actualmente en operación) por catorce estaciones remotas con transmisión satélite a la estación central en Bogotá. Este moderno sistema con tecnología digital punta a punta está a cargo de Ingeominas.

### Intensidad y magnitud

Para comparar los sismos entre sí, se deben cuantificar mediante dos procedimientos: el de las intensidades, que parte únicamente de los daños causados y no requiere instrumentos, y el de las magnitudes, cuya evaluación se basa en la lectura de las amplitudes del registro en un sismógrafo.

El procedimiento de la intensidad sísmica consiste en evaluar los daños producidos sobre determinadas construcciones y compararlos con lo que una escala especial indica para diferentes grados de daño. La escala más difundida es la de Mercalli, que va desde el grado I en el cual el sismo pasa desapercibido para casi todo el mundo, hasta el grado XII en el cual los daños corresponden a arrasamiento total. Hay subjetividad en la evaluación de la intensidad y dos personas podrían

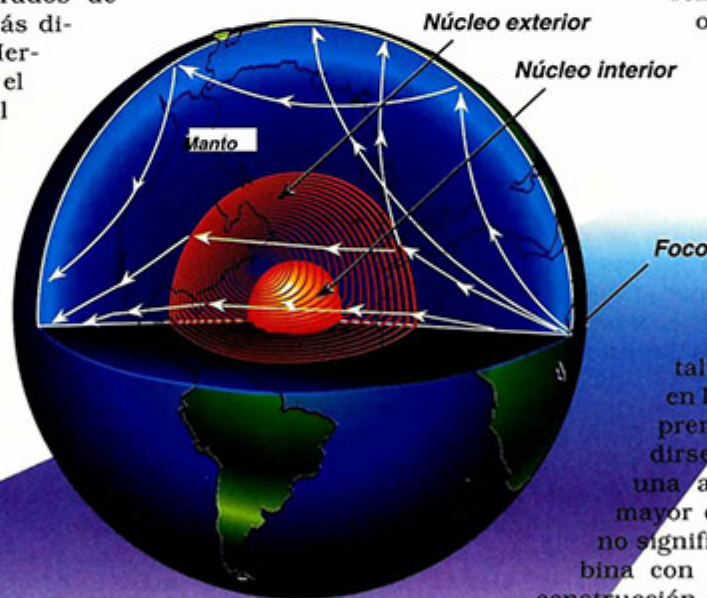


Figura 3.  
Trayectorias  
ondulatorias en el  
interior terrestre.

dar diferentes valores al determinar el grado correspondiente a un nivel de daños. No existe ninguna relación numérica entre diferentes grados de la escala de Mercalli.

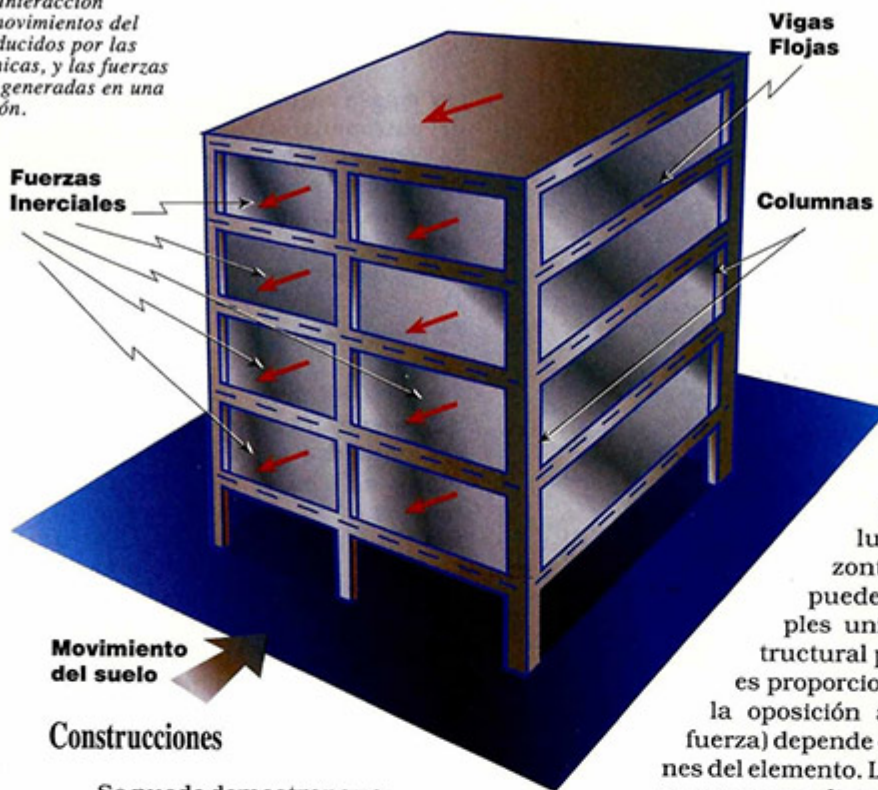
El concepto de magnitud fue desarrollado por C.F. Richter de Caltech en Estados Unidos y podría decirse que pretende dar una idea del tamaño de un sismo<sup>3</sup>. Consiste en registrar y analizar un evento que ha ocurrido a una determinada distancia. La magnitud involucra el período de la onda, la distancia al foco y correcciones de orden local y regional. Es una escala abierta, pero en la práctica el fenómeno de saturación limita la magnitud evaluada en instrumentos de período largo a valores ligeramente superiores a 8, y la evaluada en los de período corto a valores iguales o inferiores a 6,5 aproximadamente. La magnitud, al menos en teoría, corresponde a un valor único para cada sismo. El momento sísmico es una medida no saturable de creciente empleo.

La energía liberada por un sismo es proporcional a la magnitud. Por ejemplo, el sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983 tuvo una magnitud igual a 5,5 mientras que en el de Tauramena de enero de 1995 fue de 6,5. El segundo liberó treinta y dos veces más energía que el primero; sin embargo los daños producidos por el de Popayán fueron

cuantiosos; los del otro menores, en buena parte debido a la distancia focal y al tipo de construcción dominante.

No existe ninguna relación cuantitativa entre la intensidad y la magnitud. Son dos escalas totalmente diferentes que en las informaciones de prensa suelen confundirse. Intrínsecamente, una alta magnitud, algo mayor que 6, por ejemplo, no significa daño. Si se combina con la distancia a una construcción, de inmediato puede inferirse su potencialidad de daño. En cambio, el grado de la escala de intensidades, por ejemplo VII o mayor, de inmediato indica daño, sin importar si la magnitud del sismo fue grande o no.

**Figura 4.** Interacción entre los movimientos del suelo, producidos por las ondas sísmicas, y las fuerzas de inercia generadas en una construcción.



Se puede demostrar que las construcciones se comportan como sistemas de osciladores amortiguados trabajando en conjunto y unidos de manera apropiada. Dichos sistemas tienen características que permiten compararlos entre sí de manera abstracta. Por complicado que sea el conjunto, en su individualidad está conformado por osciladores simples que son caracterizados por tres factores: masa, rigidez y amortiguamiento.

La frecuencia de vibración natural de un oscilador simple es casi independiente del amortiguamiento para pequeños valores de éste; así ocurre en las construcciones convencionales. Aceptando estas condiciones, analizadas profusamente en el laboratorio y sobre modelos a escala natural, la frecuencia circular natural, que es igual a la raíz cuadrada de la masa dividida por la rigidez, permite comparar un oscilador con otro de manera abstracta; esta comparación se puede extender a las construcciones, dado que pueden ser modeladas en términos de conjuntos de osciladores. Este es un enorme logro porque no hay que pensar en la forma, las dimensiones ni otros factores que caracterizan a las construcciones. Todos ellos van involucrados en la frecuencia.

Los osciladores de muchos grados de libertad con los cuales se simula el comportamiento dinámico de cualquier construcción, obedecen a tratamientos especiales que permiten redu-

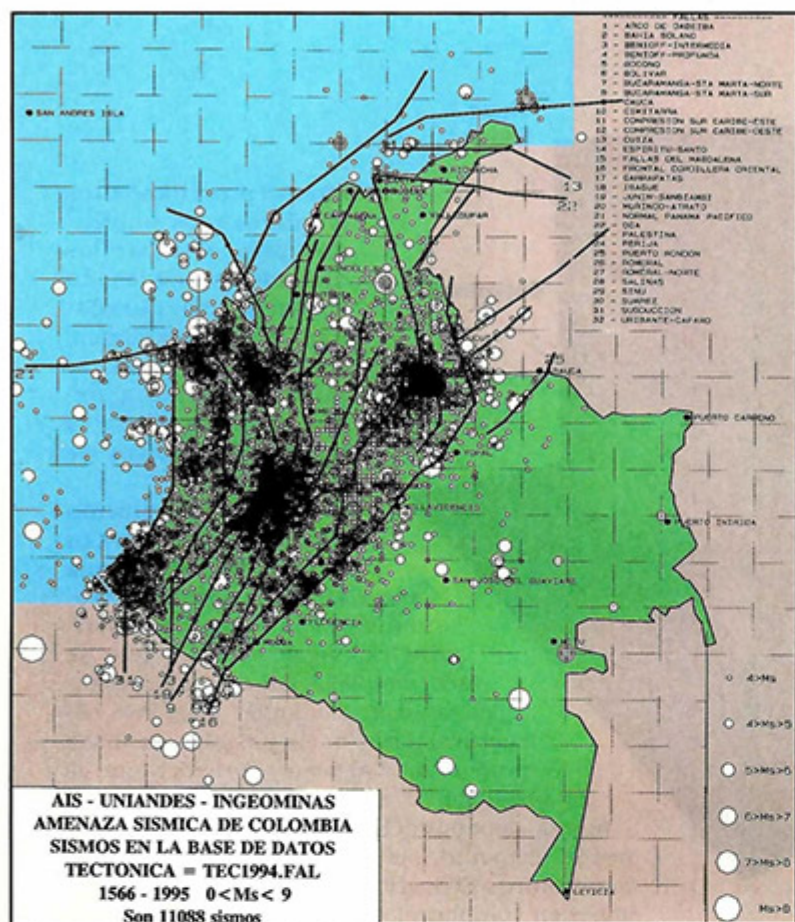
cirlos a procedimientos similares a los empleados para estudiar los osciladores simples. En consecuencia, guardadas las proporciones, las construcciones se pueden asimilar a sistemas de osciladores con modos propios de vibración.

Una construcción como la que se muestra en la **figura 4** está conformada por elementos verticales (columnas) y por elementos horizontales (vigas y losas) que se pueden modelar con osciladores simples unidos. Cualquier elemento estructural posee masa y rigidez. La masa es proporcional al peso y la rigidez (que es la oposición a dejarse deformar por una fuerza) depende del material y de las dimensiones del elemento. Los elementos no estructurales como muros divisorios, fachadas y carpintería, imponen complicaciones a la simplificación antes planteada.

### Sismos y construcciones

Si se intenta empujar un cuerpo éste se opone al movimiento. Si una construcción está implantada sobre un medio que es sacudido por ondas sísmicas que lo recorren, la cimentación sigue aproximadamente los movimientos de las ondas que se propagan por el medio. Al hacerlo, la rigidez propaga el movimiento al conjunto de elementos estructurales que conforman la construcción, pero cada masa se opondrá a dejarse mover debido a su inercia, tal como se aprecia en la **figura 4**. Estas fuerzas inerciales producen deformaciones sobre la construcción, las cuales producen daños que pueden llegar a destruirla.

La construcción es sacudida por la superposición de muchas ondas de diferentes frecuencias y amplitudes que llegan desde la ruptura siguiendo distintos caminos. La construcción posee frecuencias naturales; la más baja es la fundamental. Si la frecuencia dominante en el paquete ondulatorio que la sacude es similar a la fundamental de la construcción y la duración del sismo es suficiente, se podrán dar las condiciones para la resonancia. El razonamiento podría extenderse, en casos menos frecuentes, a los primeros armónicos.



**Figura 5.**  
 Epicentros  
 (puntos) y fallas  
 (líneas gruesas)  
 en el territorio de  
 Colombia.

Si el lector intenta desatascar un vehículo que se ha enterrado, observará que su esfuerzo resulta eficiente si entra en una acción coordinada con los movimientos del vehículo. Si se sincroniza con éstos su fuerza está en resonancia con la oscilación del vehículo enterrado y hay la posibilidad de salir del problema. Lo mismo puede ocurrir en un sismo; muchas construcciones se derrumban porque las deformaciones impuestas por las fuerzas de inercia son tan grandes que los materiales no las resisten, o porque la resonancia va generando a lo largo del sacudimiento movimientos cada vez mayores.

Iniciada la acción de un sismo intenso sobre una construcción, ésta comienza a oscilar con violencia, produciendo deformaciones en diferentes direcciones tanto sobre su esqueleto estructural como sobre muros divisorios y fachadas. Todo tiende a desarmarse y lo que esté dentro será sometido a fuertes desplazamientos con las consecuentes fuerzas inerciales. Si el sacudimiento es intenso y prolongado, los daños son graves y podrían llegar hasta el derrumbamiento de la construcción.

No es la construcción ni el sismo lo que produce la intensidad del sacudimiento. Es su combinación. El inversionista potencial debe bus-

car más la seguridad de la vida y la permanencia del patrimonio que la belleza externa o aparente. El Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes y los de otros países establecen reglas mínimas de cumplimiento obligatorio para diseñar y construir. Si éstas se cumplen, protegen la vida y los bienes del ciudadano.

## Cuándo y dónde

Para terminar la síntesis que se ha tratado de transmitir al lector debe contestarse la eterna inquietud sobre dónde, cuándo y qué tan fuerte será el próximo sismo destructor. La respuesta es, nadie lo sabe. Sin embargo, la **figura 5** muestra la realidad de la historia sísmica conocida de Colombia.

Cada punto en el mapa indica uno o varios sismos ocurridos en el pasado. Las fuentes sísmogénicas indicadas en líneas continuas y gruesas, corresponden a los ejes de sistemas de fallamiento activos, o presumiblemente activos, cuyas rupturas han producido sismos en el pasado. Es casi seguro que donde ha habido sismos en el pasado volverán a ocurrir; también es cierto que el hecho de no haber ocurrido no significa que en el futuro no puedan ocurrir allí. Como prácticamente en todo el territorio andino nacional han ocurrido sismos en el pasado, es seguro que en el futuro ocurrirán otros que pueden llegar a tener serias consecuencias sobre la vida o el patrimonio de los ciudadanos; lo mismo ocurre en otros países.

Nuestra principal medida de supervivencia es construir bien y conocer los mínimos preceptos de protección de la vida en el momento en que ocurre un sismo. Pero siempre podrá existir un evento con tal capacidad de destrucción que arrase con cualquier construcción, puesto que sismos de alta magnitud pueden desencadenar en el área epicentral cambios topográficos impresionantes.

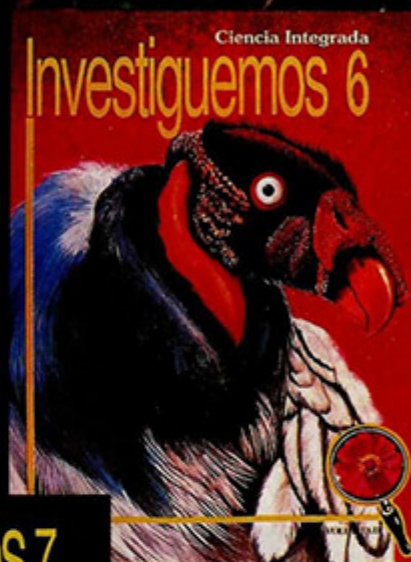
## Referencias

1. *Bath, Marcus: Elementary Seismology. John Wiley, 1973.*
2. *Sarria, Alberto: Ingeniería sísmica. Ediciones Uniandes-Ecoe, 1995.*
3. *Aki, Keiiti; Richards, Paul: Quantitative Seismology. Theory and Methods. W.H. Freeman, 1980.*

*Con los principios del constructivismo . . .*

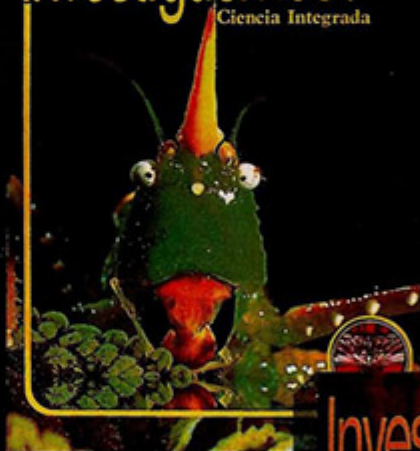
# Investiguemos 9

## Ciencia Integrada



### Investiguemos 7

Ciencia Integrada



### Investiguemos 8

Ciencia Integrada



*Serie renovada con la calidad de siempre,  
según los criterios de la pedagogía  
constructivista.*

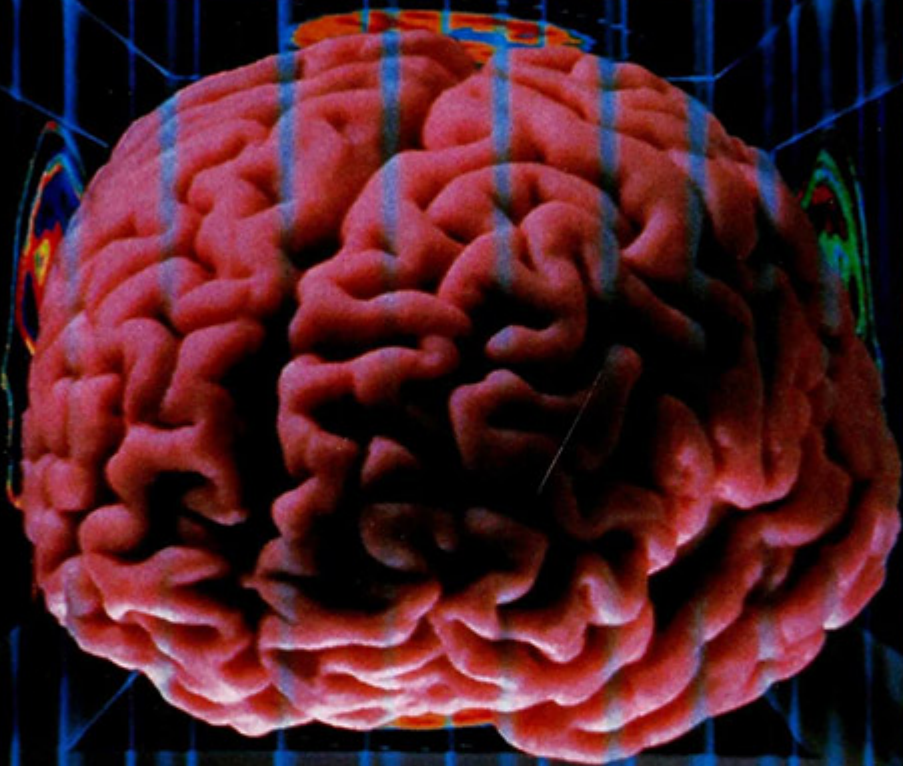
- *Parte de lo que el alumno ya sabe.*
- *Conlleva a que el estudiante construya su conocimiento.*
- *Conduce a la formación de valores, principios y habilidades.*
- *Con evaluaciones contextualizadas, en las cuales el alumno encuentra significado al aprendizaje.*

  
EDITORIAL  
VOLUNTAD S.A.

Santafé de Bogotá, D.C.

Comutador 286 06 66 Fax (91) 286 55 40  
Carrera 7 No. 24 - 89 Pisos 16, 20, 24 y 25

# Demencias infecciosas...



# El resurgimiento y las nuevas manifestaciones de las demencias de origen infeccioso amenaza volverse un problema de incalculables consecuencias para la humanidad.

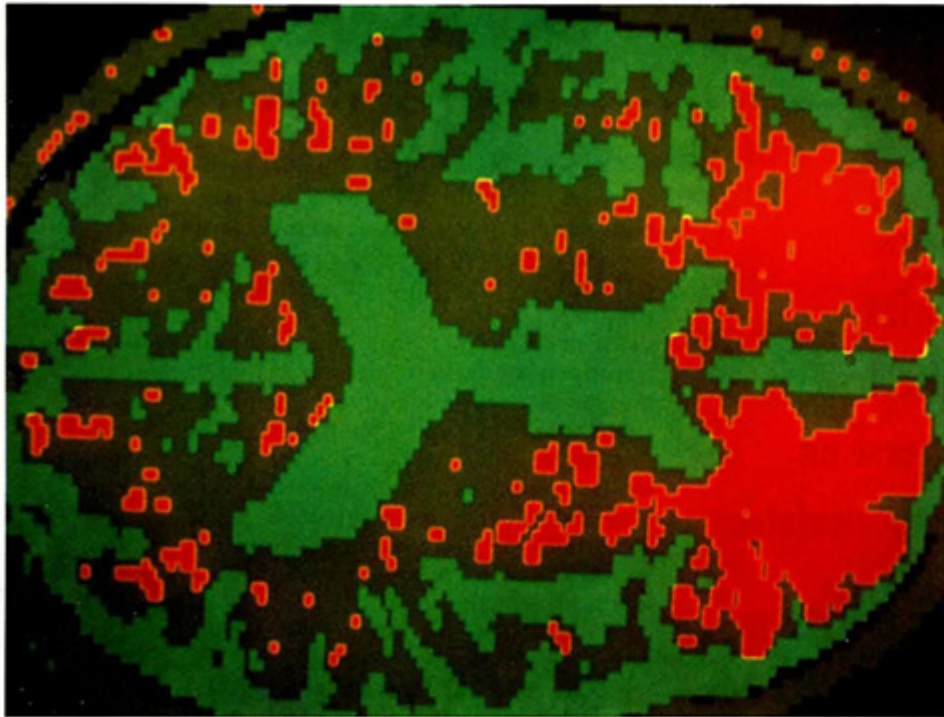
Diego Andrés Rosselli Cock  
Director de Desarrollo Científico y Tecnológico,  
Ministerio de Salud.  
Profesor, Facultad de Psicología  
de las Universidades de los Andes y Javeriana

Nadie se sorprende con el cambio constante en la tecnología médica, con las modificaciones en los esquemas de tratamiento, o con el incremento en los conocimientos de inmunología, genética o psicofisiología. Pero no es sólo el conocimiento humano el que cambia a un ritmo acelerado. Las enfermedades también modifican su comportamiento con el paso del tiempo. En muchos casos este cambio se puede atribuir a la denominada "transición epidemiológica", que altera el perfil de prevalencia de los distintos males. Aumenta, por ejemplo, la frecuencia relativa del cáncer y de las enfermedades de la vejez, si se incrementa la expectativa de vida.

El caso de las enfermedades infecciosas es un poco diferente. Es hora de que pensemos en ellas como entidades vivas, como seres biológicos que se adaptan a los cambios culturales y que evolucionan, unas con más éxito que otras. Algunas, como la viruela o la peste negra, desaparecen, mientras otras, como el sida, irrumpen de manera inesperada en el panorama de la salud. La investigación médica es responsable en buena parte de las modificaciones de los agentes infectantes, inducidas por los tratamientos con antibióticos, o por el empleo masivo de las inmunizaciones. Pero la sociedad, de una manera más sutil, influye sobre la forma como se manifiestan las enfermedades infecciosas al modificar los mecanismos de contagio, o a través de las tendencias migratorias. No son cambios tan sólo en las tasas de prevalencia. Las enfermedades modifican, en forma a veces dramática, sus manifestaciones, su severidad, su fisiopatología. Son muchos los ejemplos de enfermedades infecciosas que evolucionan para adaptarse al siempre cambiante comportamiento humano. Usaré como ejemplos la neurosífilis y otras enfermedades neurológicas que deterioran las funciones cognitivas, y se conocen, en conjunto, como las demencias transmisibles.

La evolución natural de las demencias de origen infeccioso ha sufrido grandes modificaciones en el transcurso de la historia reciente. La "parálisis general progresiva" de la sífilis, que encabezó la lista de las causas de enfermedad mental en el siglo pasado, es hoy infrecuente incluso en los hospitales especializados<sup>1,2</sup>. A mediados del siglo se describió una extraña enfermedad que pasó a llamarse "kuru", y que a pesar de afectar a una población muy limitada y de costumbres neolíticas, cambió algunos conceptos prevalentes sobre los agentes infectantes, e incluso sobre la vida misma. Por primera vez se habló de enfermedades causadas por "virus lentos", luego llamados virus no convencionales y finalmente priones o proteínas infectantes<sup>3</sup>. Se logró aclarar, con el descubrimiento del kuru, la fisiopatología de la extraña enfermedad de Creutzfeldt-Jakob y se plantearon nuevas teorías sobre la demencia de Alzheimer, una de las

# ...ya no son como antes



enfermedades de mayores consecuencias futuras, dado el envejecimiento progresivo de la población mundial. Como si el revuelo científico de estos descubrimientos no fuese ya suficiente, este siglo vio emerger una nueva forma de demencia de origen infeccioso llamada a convertirse en un flagelo de grandes proporciones en el siglo XXI. Se trata del sida. Pero vamos por partes.

### La sífilis

Con la introducción de la penicilina en el período de la posguerra, se empezó a pensar en la erradicación de esta enfermedad cuya historia escrita está próxima a completar los quinientos años. Los antibióticos redujeron de manera significativa la incidencia de sífilis. En los Estados Unidos, por ejemplo, se pasó de 25.000 casos registrados en 1949 a 6000 en 1956<sup>4</sup>. Con la revolución sexual de los años sesenta de nuevo aumentó la incidencia, pero fue en la década de los ochenta y ahora en los noventa cuando la epidemia ha alcanzado niveles similares a los de la era preantibiótica. Las razones para el recrudecimiento de esta enfermedad de transmisión sexual no son del todo claras, ya que su respuesta al tratamiento con penicilina sigue siendo excelente.

Algunos proponen que se trata de una modificación genética del *Treponema pallidum*. Es, de todas maneras, notoria la variación que ha sufrido la historia natural de la sífilis en estos cinco siglos. Sus orígenes se remontan al continente

americano<sup>5</sup>. Recientemente el profesor Gonzalo Correal<sup>6</sup> describió el caso más antiguo del mundo de una lesión sífilítica ósea en un cráneo hallado en la Sabana de Bogotá. A la historia occidental la sífilis ingresa en 1495, al atacar a las tropas francesas de Carlos VII que sitiaban Nápoles. La enfermedad se comportó allí como una afección aguda y rápidamente mortal<sup>7</sup>. En el siglo pasado la tendencia a la cronicidad y al compromiso cerebral de la parálisis general progresiva dio lugar a las descripciones clásicas de la neurosífilis, con deterioro irrefrenable y en ocasiones delirio paranoide; una plaga sin respeto por clase social o nivel intelectual. Entre la lista de sus más ilustres afectados se encuentran Nietzsche, Heinrich Heine, Alphonse Daudet y Guy de Maupassant<sup>8</sup>. Esta forma de sífilis terciaria se volvió infrecuente en el presente siglo<sup>9</sup>.

Estamos viviendo ahora un nuevo cambio en la historia de la enfermedad, con la inmunodeficiencia adquirida. El virus de la inmunodeficiencia humana puede negativizar las pruebas serológicas de la sífilis, ya que éstas se basan en una reacción inmune, y dificultar así el diagnóstico y el seguimiento. Además, la colonización del sistema nervioso por el treponema es ahora más precoz y más agresiva. El agente infectante se coloca, de esta manera, a salvo de la acción de la penicilina, ya que este antibiótico no cruza la barrera hematoencefálica.

### Los priones

Existen dos enfermedades transmisibles en seres humanos, el kuru y la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob, que comparten muchas características con el scrapie de las ovejas y las encefalopatías espongiiformes bovina y del visón. En las cinco entidades se describen cambios específicos en la sustancia gris, que le dan un aspecto esponjoso, así como formación de acúmulos de fibrillas de proteínas PrP27-30<sup>10,11</sup>.

La fisiopatología del "kuru" (que en lengua nativa quiere decir temblor) fue descrita por Gajdusek, Premio Nobel de Medicina en 1976, en los grupos tribales Fore, nativos de los montes centrales de Papúa-Nueva Guinea. La enfermedad, que se caracteriza por ataxia y demencia, es lentamente progresiva, siempre mortal y ligada en su transmisión con las costumbres antropófagas que tenía este grupo. La muerte neuronal inducida por este agente

infeccioso aún sin identificar es selectiva, con predilección por las áreas filogenéticamente más antiguas del cerebelo (lóbulo floculo-nodular y núcleo fastigial); además de lesiones corticales y en la sustancia gris del tallo cerebral y la médula espinal. Con la legislación y las campañas educativas en contra de la antropofagia, el kuru ha desaparecido<sup>3,12</sup>.

Se presume que al alimentar ganado bovino y visones con harina proveniente de los desechos de ovejas afectadas de scrapie, se diseminó en éstos la enfermedad cerebral espongiiforme<sup>3</sup>. El scrapie, descrito en muchos países del mundo, entre ellos Colombia<sup>13</sup>, ocasiona en la oveja una encefalitis subaguda que se manifiesta, entre otros síntomas, por prurito generalizado (de ahí su nombre en inglés) y lesiones cutáneas secundarias al rascado. Por suerte, no hay evidencia de su transmisión a humanos.

La enfermedad de Creutzfeldt-Jakob fue descrita en 1920 y 1921<sup>14</sup>, pero su parentesco con el kuru se descubrió mucho después. Se

trata de una forma relativamente rara de demencia, con una incidencia anual de 0,5 a 1 por millón de habitantes, tasa de poca fluctuación en diferentes países<sup>15</sup>. Alrededor de una quinta parte de los pacientes afectados tiene antecedentes familiares de la enfermedad, con un patrón que sugiere herencia autosómica dominante. Afecta por igual a los dos sexos, se presenta por lo general en la quinta o sexta década de la vida y su curso es siempre mortal. La muerte sobreviene en promedio a los seis meses de hecho el diagnóstico, aunque algunos pacientes sobreviven más allá de los cinco años. El período de incubación es largo y los síntomas iniciales son vagos: malestar, cambios de personalidad, insomnio, pérdida de peso y otros. En algunos casos la enfermedad empieza agudamente con deterioro in-

telectual y cambios de conducta. El paciente pasa luego a un estado de mutismo, adopta postura de decorticación y fallece<sup>1,16</sup>.

Los cambios patológicos característicos se encuentran en la sustancia gris (corteza cerebral y cerebelosa, núcleos basales, tálamo y núcleo dentado). La tríada clásica consiste en

muerte neuronal selectiva, lesiones espongiiformes y proliferación de astrocitos, alteraciones muy similares a las descritas primero en el scrapie y luego en el kuru<sup>16</sup>.

La naturaleza de estos mal llamados virus fue difícil de precisar. No se demuestran de manera convincente ni partículas virales, ni anticuerpos, ni respuesta inflamatoria franca. Los agentes transmisores, que pasaron a llamarse priones o proteínas infectantes, están desprovistos de ácidos nucleicos, lo que los hace diferentes de todas las formas conocidas de vida<sup>15</sup>. Estos agentes infectantes son resistentes a los procedimientos convencionales de esterilización y se hacen necesarias algunas precauciones especiales al manejar tejidos potencialmente infectados<sup>15</sup>.

La enfermedad de Creutzfeldt-Jakob se puede transmitir a animales (cobayos, ratas, ratones, gatos, cabras y primates) y se ha descrito la transmisión iatrogénica en humanos por aplicación de hormona de crecimiento y por trasplante de córnea<sup>16</sup>.

A pesar de tratarse de un agente transmisor de alto potencial infectante y sin tratamiento conocido, tranquiliza, y a la vez sorprende, la baja incidencia de esta temible enfermedad.

## El sida

En la última década el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) se ha convertido de una manera rápida y progresiva en un serio problema de salud pública. En Colombia se calculan entre 50.000 y 100.000 los portadores del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), cifra que equivale de dos a cuatro veces los muertos en la tragedia de Armero.

En la medida en que el tratamiento ha sido más exitoso, prolongando la vida del paciente, se ha incrementado la frecuencia con que se describen las complicaciones neurológicas; la demencia es la más común de ellas<sup>17,18</sup>. El inicio de los síntomas es insidioso, con lentificación psicomotora y del lenguaje, fallas de memoria, especialmente en la evocación, dificultad para la formación de conceptos y compromiso emocional<sup>19,20</sup>. Es frecuente observar cambios mentales como manía, delirio, depresión o psicosis, mutismo y otros signos neurológicos<sup>21,22</sup>.

Contrario a lo que se pensaba en un principio, el síndrome demencial no es debido a infecciones oportunistas sino a ataque directo del VIH<sup>23</sup>. La entrada del virus al sistema nervioso ocurre temprano en la enfermedad. El primer cambio es una meningoencefalitis subclínica, que ocurre antes del compromiso inmunológico. Más adelante se puede presentar

**El "kuru", a pesar de afectar a una población muy limitada y de costumbres neolíticas, cambió algunos conceptos prevalentes sobre los agentes infectantes, e incluso sobre la vida misma.**

leucoencefalopatía multifocal progresiva, infección oportunista, toxicidad de medicamentos, enfermedades sistémicas, tumores y alteraciones psicológicas que enmascaran el síndrome demencial<sup>24,25</sup>.

Uno de cada diez pacientes presenta demencia como primer síntoma del sida<sup>22</sup>. Si no son efectivas las medidas de prevención y terapéutica, la demencia del sida puede convertirse en la causa más común de deterioro mental progresivo en el adulto joven.

## Conclusiones

Cuando el hombre creía tener ganada la guerra contra las enfermedades infecciosas, aparecen no sólo la resistencia bacteriana y las infecciones hospitalarias, sino también nuevas entidades que desafían a la ciencia médica. Las afecciones que ya creía comprender, como la

sífilis, modifican su comportamiento, mientras surgen otros agentes infecciosos cuya conducta reproductiva parece diferir por completo de lo aceptado en la biología ortodoxa. La medicina, pues, siempre estará llena de sorpresas, y se verá obligada a cambiar sus conceptos a medida que las enfermedades evolucionan. El reto de enfrentarnos a entes cambiantes, a males inconstantes, nos lleva a murmurar, con el horror de un futuro infeccioso incierto: sífilis de los poetas y los manicomios, ya no eres la de antes.

## Agradecimiento

Al doctor Hugo Sotomayor, secretario de la Sociedad Colombiana de Historia de la Medicina, por la revisión y las sugerencias al manuscrito.

## Bibliografía

1. **Rosselli A, Rosselli D:** Las demencias. En: Toro J, Vallejo E (eds.): Tratado de neurología. Lerner, Santafé de Bogotá, 1994.
2. **Knoefel JE, Albert ML:** Secondary dementias. In: Vinken JP, Bruyn GW, Klawans HL (eds.): Neurobehavioural disorders. Elsevier, Amsterdam, 1985.
3. **Gajdusek DC, Gibbs CJ:** Kuru, Creutzfeldt-Jakob, and transmissible prion protein. In: Meulen VT, Katz M (eds.): Slow virus infections of the central nervous system. Springer Verlag, New York, 1977.
4. **Rolfs RT, Nakashima AK:** Epidemiology of primary and secondary syphilis in the United States, 1981 through 1989. JAMA 1990; 264(11): 1432-1437.
5. **Sotomayor H:** Arqueomedicina de Colombia Prehispánica. Cafam-Comisión Quinto Centenario, Santafé de Bogotá, 1992, p. 25.
6. **Correal G:** Aguazuque: evidencia de cazadores, recolectores y plantadores en la altiplanicie de la Cordillera Oriental. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Colombianas, Banco de la República, Bogotá, 1990.
7. **Felman YM:** Syphilis: from 1495 Naples to 1989 AIDS. Arch Dermatol 1989; 125: 1698-1700.
8. **Crutchley M:** The divine banquet of the brain. Raven Press, New York, 1989.
9. **Johns DR, Tierney M, Felsenstein D:** Alteration in the natural history of neurosyphilis by concurrent infection with the human immunodeficiency virus. N Engl J Med 1987; 316(25): 1569-1572.
10. **Davanipour Z, Alter M, Sobel E:** Creutzfeldt-Jakob disease. Neurologic Clinics 1986; 4: 415-426.
11. **Mathews WB:** Creutzfeldt-Jakob disease. In: Vinken PJ, Bruyn GW, Klawans HL (eds.): Neurobehavioural disorders. Elsevier, Amsterdam, 1985.
12. **Toro G, Román G, De Román LN:** Neurología tropical. Editorial Printer, Bogotá, 1983.
13. **Parry HB:** Scrapie disease in sheep. Academic Press, London, 1983.
14. **Rosselli A, Potes J, Kattah J:** Encefalopatía espongiiforme subaguda (enfermedad de Creutzfeldt-Jakob). Tribuna Médica 1973; 554: 7-10.
15. **Weller RO:** Viral infections. In: Weller RO (ed.): Nervous system, muscle and eyes. Symmers WC (ed. gral.): Systemic pathology (vol. 4), 3rd Ed. Churchill Livingstone, London, 1990, pp. 194-223.
16. **Lantos PL:** Ageing and dementias. In: Weller RO (ed.): Nervous system, muscle and eyes. Symmers WC (ed. gral.): Systemic pathology (vol. 4), 3rd Ed. Churchill Livingstone, London, 1990, pp. 360-396.
17. **Toro J, Prada G, Dangond F:** Manifestaciones neurológicas del síndrome de inmunodeficiencia adquirida. Acta Med Colomb 1988; 13(1): 29-36.
18. **Price RW, Brew BJ:** The AIDS dementia complex. J Infect Dis 1988; 158: 1079-1083.
19. **Adams RL, Craig PL, Parsons OA:** Neuropsychology of dementia. Neurologic Clinics 1986; 4: 387-404.
20. **Levy RM, Bredesen DE:** Central nervous system dysfunction in acquired immunodeficiency syndrome. J Acquired Immune Deficiency Syndromes 1988; 1: 41-64.
21. **Perry S:** Organic mental disorders caused by HIV: update on early diagnosis and treatment. Am J Psychiatry 1990; 147(6): 696-710.
22. **Kiebertz K, Schiffer RB:** Neurologic manifestations of human immunodeficiency virus infections. Neurologic Clinics 1989; 7(3): 447-468.
23. **Olsen WL, Longo FM, Mills CM, Norman D:** White matter disease in AIDS: findings at MR imaging. Radiology 1988; 169: 445-448.
24. **Levy RM, Janssen RS, Bush TJ, Roseblum ML:** Neuroepidemiology of acquired immunodeficiency syndrome. J Acquired Immune Deficiency Syndromes 1988; 1: 31-40.
25. **Price RW, Brew BJ, Sidnis J, Roseblum M, Scheck AC, Cleary P:** The brain in AIDS. Central nervous system HIV-1 infection and the AIDS dementia complex. Science 1988; 239: 586-592.

# 40 AÑOS

FUNDACION  
ALEJANDRO  
ANGEL  
ESCOBAR

En 1995 la Fundación conmemora cuarenta años de estímulo permanente a las Ciencias y a las obras de beneficio social en Colombia. Ha cumplido así a cabalidad con la voluntad expresada por Alejandro Angel Escobar en su testamento, de crear los premios de Ciencias y Beneficencia. Para celebrar este aniversario, las directivas de la Fundación han decidido establecer el Premio de la Paz y el Premio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, y redefinir los que tradicionalmente ha entregado, acorde con lo señalado por su fundador. Para ello, ha resuelto hacer la siguiente convocatoria:



## PREMIO DE LA PAZ

La Fundación Alejandro Angel Escobar, con motivo de sus cuarenta años, entregará un premio especial para exaltar a una persona que trabaje por la paz del país. La paz es el deseo y la necesidad más apremiante de Colombia y sólo se conseguirá mediante los esfuerzos de todos los ciudadanos encaminados al desarrollo de una sociedad más justa.



## PREMIOS DE CIENCIAS

Reconociendo la relevancia de la ciencia para el desarrollo de nuestro país y el número creciente de colombianos dedicados a la investigación, la Fundación concederá dos premios anuales así:

Un premio en Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, para distinguir investigaciones con reconocimiento internacional, que constituyan un aporte significativo al avance de la ciencia.

Un premio en Ciencias Sociales y Humanas, que distinga los aportes creativos y rigurosos para responder a la realidad de la sociedad colombiana contemporánea.



## PREMIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Alejandro Angel Escobar señaló como primordiales las investigaciones sobre los problemas del suelo de Colombia, al considerar que su empobrecimiento progresivo tendría gravísimas consecuencias; por esto, se ha creado el Premio al Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se entiende como Desarrollo Sostenible aquel que busca satisfacer las necesidades

del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Por lo tanto premiará al investigador que efectúe el mejor aporte científico para la conservación y buen uso de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.



## PREMIOS DE SOLIDARIDAD

Con los premios de Beneficencia, la Fundación ha estimulado el trabajo que en pro de la comunidad y de los sectores marginados de la sociedad cumplen instituciones privadas de todo el país.

A partir de este año los dos premios se llamarán de Solidaridad y se concederán a:

Obras o servicios creados para proveer educación, salud, vivienda, trabajo, alimentación o recreación a sectores de la población privados de recursos y donde la provisión del servicio sea hecha con respeto al ser humano y solidaridad social.

Servicios de protección y cuidado de infantes, adolescentes, jóvenes, mujeres, ancianos y discapacitados, que les brinden seguridad, afecto y posibilidades de desarrollo como seres humanos.

Programas de prevención, rehabilitación de personas, grupos o comunidades, fundamentados en el valor de la persona como gestora de su propia recuperación.

Las entidades premiadas deben tener una orientación fundamentada en el respeto al ser humano y a su auto determinación.



### CUANTIA DE LOS PREMIOS

Cada premio tendrá un valor de treinta y cinco millones de pesos que serán entregados en ceremonia especial.

### INSCRIPCIONES

El concurso se abre el 15 de marzo y se cierra el 31 de mayo del presente año. Los formularios de inscripción para los distintos premios se entregarán en las oficinas de la Fundación.



FUNDACION ALEJANDRO ANGEL ESCOBAR

Carrera 7a. No. 71-52 Oficina 406 Teléfonos: 312 0150 - 312 0151 Fax 312 0152 A.A. 250097 Santafé de Bogotá, D.C.



Suelos, bordes de caminos y cañadas, arbustos y árboles, y algunos otros sitios son los hábitats preferidos por larvas y adultos de uno de los grupos fascinantes de coleópteros del mundo, los escarabajos tigre (Coleoptera, familia Cicindelidae). Larvas y adultos de escarabajos tigre poseen características morfológicas y fisiológicas que los capacitan no sólo para comportarse como insectos carnívoros, sino también para huir o pasar inadvertidos ante sus variados y persistentes enemigos.

Además de su biología, que permite estudios en ecología, competencia, predación, fisiología, comportamiento y otros aspectos, estos insectos están convirtiéndose en herramientas promisorias para estudios de diagnóstico y recomendaciones de áreas perturbadas en su conservación. Así mismo, recientemente han protagonizado una polémica entre ecólogos y algunos sistemáticos acerca del papel de los factores históricos en la ecología.

Son tan variados los hábitats de los tigres de seis patas, que podemos encontrar especies

exclusivamente arborícolas, como los rápidos y esbeltos *Ctenostoma* (parecidos a hormigas); especies típicas de caminos y trochas, como *Pseudoxychella*; especies de interior de bosque, como *Odontocheila*; amantes de esquiar sobre el agua como los *Oxycheila*, o veloces corredores de playas arenosas como *Cicindela*. La **tabla 1** muestra la composición de las subfamilias, tribus y géneros de escarabajos tigre de la región neotropical, incluyendo breves notas sobre la biología de cada género.

En general, tres son los componentes que inciden sobre diferentes atributos y pautas de comportamiento en los cicindélidos. Factores físicos (humedad, textura del suelo, clima, sustrato de nidificación) afectan la biología de la larva; el clima y el entorno afectan la actividad diaria y el color en el adulto.

Un segundo factor importante es la predación. Las larvas son atacadas por varios tipos de enemigos, particularmente los especializados (como las moscas bombílidas y las avispa tífidas); los adultos son una presa no desdeña-

# Tigres de seis patas

## Ecología, factores históricos y escarabajos tigre

Fernando Fernández  
Programa Re-Creo  
Universidad Nacional de Colombia

da por varias especies predatoras como lagartos, arañas y hormigas, y, con más intensidad, pájaros y moscas bandoleras (*Asilidae*). La competencia es un tercer factor importante en la dinámica de los escarabajos tigre. Afecta el tamaño, densidad, construcción del túnel y actividad diaria de la larva, así como el tamaño de las mandíbulas y del cuerpo, la actividad diaria y la coloración en los adultos.

Muchas especies han desarrollado estrategias y trucos para despistar a sus enemigos. Estas son las llamadas características múltiples antipredador y se supone que han ido evolucionando y «ajustándose» a las complejas biología e interacciones de cada grupo de poblaciones o especies. Recientemente D.L. Pearson ha reunido seis teorías que predicen la evolución de los caracteres múltiples antipredador dentro de una presa, ajustándolas en la perspectiva de la biología de *Cicindelidae*:

**1. Algunos caracteres pueden funcionar en concierto para disminuir la predación.** Por ejemplo, un escarabajo tigre puede combinar el

tamaño del cuerpo, los colores llamativos (o aposemáticos, es decir, de advertencia) y la posesión de sustancias químicas repelentes, para desanimar a un persistente enemigo como es la mosca bandida (*Asilidae*).

**2. Algunos de los caracteres antipredador pueden estar dirigidos principal o únicamente contra cada una de las distintas fases de forrajeo (búsqueda de alimento) del predador.** Un predador puede tener un comportamiento de caza dividido en varias etapas desde la búsqueda de presa hasta su digestión. El cicindélido como víctima puede tener respuestas defensivas a cada una de esas etapas. Incluso puede tener un espectro de respuestas que se correlacione con las del predador, aumentando así las probabilidades de escapar. Por ejemplo, durante la fase de caza el tigre de seis patas puede permanecer inmóvil en el suelo, confiando en que el color críptico de su exoesqueleto lo camufle eficazmente.

**3. Fortalecimiento de potentes líneas de defensa cuando el predador ha superado las iniciales.** Por ejemplo, una línea de defensa relativamente «barata» en los cicindélidos es la coloración críptica. Cuando el predador la supera (es decir, cuando «advierde» el truco de su presa), la víctima potencial ha de recurrir a otra línea de defensa, como el uso de repelentes químicos. No es deseable llegar a ese punto, pues la producción de sustancias químicas es energéticamente costosa.

**4. Diferentes caracteres antipredador son necesarios para diferentes predadores.** Un cicindélido puede tener varios predadores que requieren diferentes estrategias defensivas. Por ejemplo, si uno de estos insectos usa el vuelo como mecanismo de escape de un lagarto, puede ser fácil víctima de un voraz volador como la mosca asílida. En pleno vuelo el escarabajo aparentemente puede «oír» o detectar al díptero, lo cual puede permitirle disuadirlo químicamente o volver a caer al suelo, donde debe cuidarse de otro lagarto!

**5. Fuerzas selectivas en un estadio del ciclo de vida o provenientes de ancestros directos pueden llevarse en estadios o descendientes posteriores.** Un individuo puede resultar así un mosaico de caracteres antipredador, resultante de las estrategias acumuladas por la larva y el adulto, más aquellas ganadas de sus ancestros directos. Según parece, algunas de

estas estrategias evolucionan rápidamente, como el color críptico, o lentamente, como las defensas químicas.

6. **Algunos factores adicionales pueden fortalecer la selección por caracteres antipredador o incluso pueden ser contraselectivos.** Algún carácter adicional puede fortalecer los mecanismos de defensa, pero puede complicar mucho su entendimiento. También puede ocurrir lo contrario. Por ejemplo, un incremento en el tamaño de la larva, que puede favorecer un rápido cambio a adulto (competitivamente importante), puede también atraer la atención y voracidad de sus variados enemigos.

Tabla 1.

**LOS ESCARABAJOS TIGRES NEOTROPICALES:  
COMPOSICIÓN - DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA - HABITOS**

GENEROS	No. ESPECIES Y DISTRIBUCION	HABITOS
<b>SUBFAMILIA COLLARYNAE - TRIBU CTENOSTOMATINI</b>		
CTENOSTOMA	49 Spp de Paraguay a México	Esbeltos y ágiles corredores, viven en árboles, arbustos y troncos de bosques, rastrojos y ecotonos. -Diurnos
<b>SUBFAMILIA CICINDELINAE - TRIBU MEGACEPHALINI</b>		
PYCNOCHEILA	1 Sp de Chile y Argentina	Se esconde bajo piedras y leños caídos donde busca presas en el suelo; ambientes arbustivos.
ANIARA	1 sp Colombia, Venezuela y Brasil	Diurno, cazador de suelos arenosos y de vegetación baja.
MEGACERTHALA	42 spp Neotropicales	Ocultos durante el día en huecos y grietas; al atardecer busca presas en zonas abiertas y caminos.
OXYCHEILA	28 spp Neotropicales	Viven cerca a cuerpos de agua y pueden huir sobre la superficie del agua cuando están amenazados.
CHILOXIA	4 spp de Costa Rica a Bolivia	Viven en bordes de quebradas y ríos.
PSEUDOXYCHEILA	4 spp Neotropicales	Diurnos, con su color aparentemente imitan a las temibles avispas tigras (mutillidae); cazan y buscan carroña en claros hasta casi 2.800 metros.
EUCALLIA	1 sp de Colombia y Ecuador	Gusta de ambientes rocosos y bosques leñosos.
<b>TRIBU CICINDELINI</b>		
EUPROSOPUS	2 spp Brasil	Forrajean en zonas
IREZIA	5 spp Neotropicales	Forrajean en troncos de árboles
ODONTOCHEILA	51 spp Neotropicales	Forrajean en troncos de árboles
CENOTHYLA	2 spp Suramericanas	
PENTACOMIA	32 spp Neotropicales	
LANGEA	4 spp Suramericanas	Biología desconocida
PREPUSA	1 sp de Brasil y Paraguay	Activo de día preferentemente en abiertos cerca al agua.
OXIGONIA	16 spp Panamá a Bolivia	Gusta de ambientes rocosos y brumosos cerca a cuerpos de agua
OPISTHOCENTROS	1 sp del Brasil	Biología desconocida
CICINDELA	61 spp Neotropicales	Amplitud de habitats, como plantas, caminos, rastrojos, bosques y playas.

**Escarabajos neoimpresionistas**

En el siglo XIX surgió una interesante tendencia en la música y la pintura, tendencia que buscaba «captar» las imágenes en una partitura o un lienzo. Con Edouard Manet como inspirador, un grupo de jóvenes artistas emprendería la difícil empresa de mostrar el mundo de una forma diferente. Se harían famosas las técnicas de tratamiento de colores en artistas como Claude Monet, Pierre Auguste Renoir o Edgar Degas. El "naturalismo y efectos efímeros" en los impresionistas propició un nuevo movimiento de oposición hacia finales del siglo XIX, llamado post o neoimpresionismo. Entre estos nuevos magos del color estaban Seurat, Cezanne, Van Gogh y Gauguin.

Entre ellos destacamos a Georges Seurat (1859-1891), quien abandonó la espontaneidad de los impresionistas por un arte más refinado, más técnicamente controlado. La meticulosidad de Seurat en la aplicación del color parte de los estudios del color hechos por los científicos Hermann von Helmholtz y Michel-Eugene Chevreul.

Este acercamiento logra en su famoso lienzo *Tarde de domingo en la Isla de La Grande Jatte* (figura 1), donde Seurat utiliza miles de finas pinceladas de colores puros para crear otros colores deseados por él. La visión que se tiene al contemplar el cuadro desde lejos es diferente a una visión muy cercana: la distancia crea un «nuevo color» ante los ojos del espectador.

Los biólogos Tom Schulz y Gary Bernard observaron la interesante relación entre la técnica de Seurat y sus seguidores, llamada puntillismo, y los patrones de coloración para camuflaje en el exoesqueleto de los escaraba-

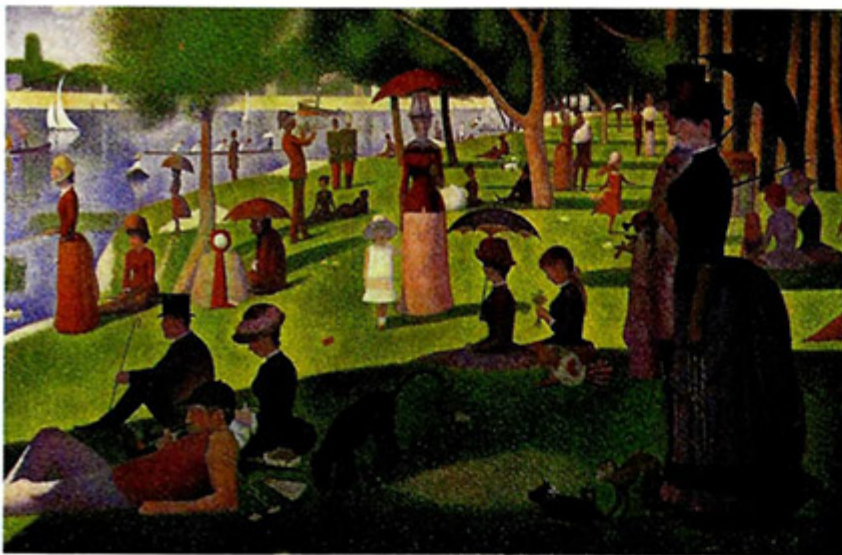


Figura 1. Puntillismo en el arte. Tarde de domingo en la Isla de La Grande Jatte, de Georges Seurat.

jos tigre. Los iridiscentes y diminutos puntitos de color de los élitros de estos insectos, invisibles a simple vista, son semejantes a las elaboradas y finas pinceladas de los puntillistas.

Al ver a cierta distancia a uno de estos escarabajos, estamos observando un «color promedio» diferente de cualquiera de los colores componentes o «primarios». No hay necesidad de ir al campo o al museo para apreciar estos trucos cromáticos en ejemplares de *Cicindelidae*. Los televisores a color logran efectos similares a partir de un cañón de sólo tres colores primarios, azul, verde y rojo; una fotografía a color vista con gran detalle revelaría sólo cuatro colores. El amplio abanico de colores de camuflaje desplegado por los escarabajos tigre se logra con esta clase de mezclas, según Schulz.

¿Cómo logran este efecto estos insectos? Si miramos la superficie del exoesqueleto con un poderoso aumento, nos encontramos con miles de hoyos (o «cráteres») de diferentes tamaños. Cada uno de estos micropuntos está cubierto por capas transparentes de distintos grosores. La longitud de onda se reflejará diferencialmente, de acuerdo con los diversos grosores de las capas; muchas de ellas, al irse reflejando caóticamente, terminarán por cancelarse. Las ondas que se encuentren en fase terminarán por reforzarse. Esto significa que un microhoyo cualquiera puede producir un color diferente al de sus vecinos.

En suma, los colores del espectro visible son susceptibles de producirse por pequeñas variaciones en estas microcapas. Se ha observado también que bajo estas capas reflectoras puede haber melanina secretada por las células promotoras del exoesqueleto. La melanina puede intensificar el color absorbiendo cualquier luz no reflejada.

La evolución de estas estrategias y su ajuste a ambientes cambiantes es objeto de estudio. Al parecer, los genes que codifican los pigmentos son susceptibles de variación, y pequeñas variaciones pueden lograr efectos cromáticos diversos. Ante una heterogeneidad de ambientes que ofrecen «fondos» de color diferentes, podrían presentarse ajustes poblacionales mediados, piensan algunos, por la selección natural. «Los escarabajos tigre que se adaptan a nuevos hábitats no necesitan desarrollar pigmentos alternos para mezclarse con sus alrededores; con una paleta de colores iridiscentes y un estilo neopuntillista, estos insectos pueden pintar de todo», concluye Schulz.

Probablemente la galería de ilustres pintores como Seurat, Cezanne y Van Gogh pueda admitir en sus filas, y como un antiquísimo precursor, al tigre de seis patas.

## Historia vs. ecología

El quehacer de la ecología moderna está centrado en la elaboración de hipótesis y estudios de procesos biológicos en los ecosistemas a «corto plazo». Es decir, el ecólogo trabaja con individuos, poblaciones y comunidades en un marco temporal contemporáneo. A pesar de la importancia de la teoría y los procesos evolutivos, los factores históricos generalmente quedan excluidos de la perspectiva del ecólogo. Excepto en casos como la teoría de biogeografía de islas o la de los refugios del Pleistoceno, la ecología no parece sentir la necesidad de incorporar los procesos evolutivos, tal vez por considerarlos lejanos e irrelevantes en la escala temporal, o quizá, más probablemente, por la dificultad para incorporarlos en sus datos, metodologías e interpretaciones.

Estos factores históricos son los que permiten al sistemático desarrollar hipótesis de parentesco (filogenia) en los mismos organismos (y también atributos) que estudia el ecólogo. En la biología la sistemática parece haberse desarrollado independientemente de la ecología y por lo general se tiene la idea de que sistemáticos y ecólogos no tienen mucho en común. Las cosas están cambiando y las actitudes ahora son las de buscar la interdisciplinariedad, como unir bajo una misma perspectiva cladismo, filogenia, ecología y etología, como lo han propuesto recientemente Brooks y McLennan.

Bajo estas premisas, David Pearson y otros colegas se preguntaron si los factores históricos, en forma de relación sistemática, pueden tener significancia para interpretar válidamente patrones ecológicos. Para resolver esta inquietud, hicie-

**El uso de las hipótesis  
de relaciones  
entre organismos  
(los análisis filogenéticos),  
en estudios ecológicos,  
abre múltiples horizontes  
en el planteamiento  
y resolución de problemas  
en la biología  
contemporánea.**

---

---

ron uso de los escarabajos tigre y una de sus armas defensivas: la química.

Cicindélidos, carábidos y otros coleópteros adéfagos poseen secreciones defensivas originadas en sus glándulas pigdiales. Dentro de los escarabajos tigre se han identificado sustancias como benzaldehído, mandelonitrilo, cianuro de hidrógeno, tetradecilacetato y hexadecilacetato, sustancias que se han usado para estudios ecológicos o para establecer relaciones filogenéticas dentro del grupo. El benzaldehído, por ejemplo, parece reducir los ataques de importantes predadores como las moscas bandoleras o los lagartos; la efectividad de esta sustancia química

puede verse realzada en conjunción con otros factores (como camuflaje).

Puesto que estas sustancias se han detectado en un grupo homogéneo y cosmopolita, con más de 2000 especies que se encuentran en hábitats diferentes, Pearson y sus colegas indagaron sobre el significado de los factores históricos en la evolución de los compuestos químicos producidos por las glándulas pigdiales de los escarabajos tigre. Ellos hicieron comparaciones dentro de y entre las especies para probar estas dos hipótesis:

1. Se encuentran compuestos similares entre especies sistemáticamente similares sin importar el hábitat y las diferencias ecológicas asociadas.
2. Se encuentran compuestos similares entre especies ecológicamente similares sin importar las afinidades sistemáticas.

Para evaluar estas opciones, los investigadores utilizaron el benzaldehído de un gran número de muestras de especies de Norteamérica, la India y Perú, contrastándolas con siete diferentes hábitats: suelo húmedo de bosque, suelo de bosque abierto, suelo arbustivo, dunas, bordes arenosos de río, bordes lodosos de río y suelos salinos. Gracias a técnicas químicas sofisticadas, análisis y ajustes estadísticos

adecuados, y un amplio rango de material estudiado (incluyendo variaciones dentro de una misma especie), los biólogos llegaron a un interesante resultado: la hipótesis 1 se mostró sólida, con sólo una inconsistencia, a diferencia de la hipótesis 2, significativa en sólo uno de los siete hábitats. Pearson y sus colegas concluyeron que los factores ecológicos por sí solos (definidos en términos de hábitat) tienen un poder predictivo muy limitado, mientras que los factores históricos están fuertemente asociados a los patrones predecibles de distribución del benzaldehído en estos insectos.

Los autores concluyen que "a pesar de la necesidad de más datos ecológicos, como la elucidación de químicos adicionales y sus blancos, así como un estudio más detallado de la filogenia de los escarabajos tigre, es probable que la historia y la ecología en este sistema, y por extensión en muchos sistemas, no son teorías estrictamente alternativas. Estas tienen efectos interactivos complejos e indican que la perspectiva histórica podría ser una parte integral en la formación de cada hipótesis ecológica, diseño experimental o interpretación de datos".

Al poco tiempo, Mooi y otros biólogos de la Smithsonian Institution, con base en estos datos e ideas, fueron un poco más lejos al demostrar que la historia no es sólo un factor, sino el único determinante de la distribución del benzaldehído en los cicindélidos. Mooi y sus colegas reinterpretan los datos y vuelven a analizar la distribución del benzaldehído, contrastando una filogenia propuesta del grupo con diferentes hábitats. Concluyen que la historia no es un factor más (como la morfología o los hábitats) sino que está detrás de todos estos caracteres pues los cambios en éstos son eventos históricos que han ocurrido en la evolución del grupo estudiado. Aunque estos autores también advierten sobre la necesidad de más datos y un robustecimiento en la filogenia de la familia, consideran que se está dando un paso en la interacción entre la ecología y la filogenia.

Aunque hay voces en contra (como Altaba, 1991), las sugerencias nacidas de los estudios de Pearson, Mooi y sus colegas no dejan de ser interesantes y estimulantes en el panorama actual de la biología. Esta propuesta abre una nueva perspectiva en el camino de la integración entre la filogenia y la ecología. El uso de las hipótesis de relaciones entre organismos (los análisis filogenéticos), en estudios y propuestas ecológicos, abre multiplicidad de horizontes en el planteamiento y resolución de problemas importantes en la biología contemporánea, una biología que aspira a



Figura 2.  
Adulto y larva  
de escarabajo  
tigre.

crear síntesis en las diversas áreas que innecesariamente fueron separadas.

### Escarabajos y conservación

La conservación de los recursos naturales es uno de los problemas más acuciantes de nuestro tiempo. Los ecosistemas tropicales están entre los más altamente amenazados por su riqueza y vulnerabilidad. A pesar de la apabullante cantidad de publicaciones, congresos, simposios, encuentros internacionales, campañas, advertencias, promesas y amenazas de todos los sectores y medios del mundo, es realmente poco lo que se ha hecho en la práctica para salvar selvas y sabanas tropicales.

Algunas respuestas a estos problemas están ahora centradas en políticas de valoración económica de los recursos, desarrollo sostenido de áreas amenazadas o en procesos de transformación, y en el diseño, monitoreo y manejo de reservas y áreas de protección o amortiguamiento.

Vital para biólogos y conservacionistas ha sido el adecuado uso de especies clave que no sólo muestren cambios en los ecosistemas perturbados, sino que sirvan para convencer al gran público y a agencias o fondos internacionales sobre la urgencia de dar prioridad a políticas de conservación. Para ello muchas campañas se han centrado en especies que conmuevan al público o a los

bolsillos de las agencias. Campañas en pro de la protección de ballenas y focas, felinos o vistosos pájaros siempre lograrán una audiencia atenta y solidaria. Menos afectos al público son los vertebrados inferiores, pero aún así existen grupos y campañas en pro de tortugas y cocodrilos.

Los invertebrados están en una posición muy desfavorable. No sólo están taxonómica y biológicamente muy mal conocidos (en comparación con las plantas con flores o los vertebrados terrestres),

sino que el interés sobre su destino y conservación parece estar limitado al reducido número de personas que se dedican a su estudio como profesionales o como aficionados. Es inadmisiblemente pensar en campañas publicitarias o actrices de cine alarmándose por la extinción de tarántulas del desierto o de los chinches de Borneo.

Sin embargo, es claro que el uso de vertebrados en estudios ecológicos, biogeográficos y conservacionistas tiene problemas. Pasando de la ventaja del buen conocimiento en su taxonomía y biología, muchos vertebrados presentan dificultades en su observación, muestreo y estudio a largo plazo en el campo o en

cautiverio. Estudiar migraciones de ballenas, historia natural de rinocerontes o territorialidad en felinos son campos apasionantes en la biología, pero costosamente prohibitivos para los fondos de la mayoría de instituciones.

Ante esta situación, ha surgido una alternativa interesante y prometedora: el uso de insectos (y otros invertebrados) en estudios de la biología de la conservación. No se trata de buscar que estos artrópodos sustituyan a los vertebrados; se trata de poseer una alternativa que logre los mismos propósitos pero en tiempos más breves y con costos mucho más bajos.

Los insectos tienen muchas ventajas que los han favorecido para estudios en ecología y sirven bastante bien para estudios en conservación: presentan taxa con gran cantidad de especies, amplia heterogeneidad en ocupación de estratos, amplio espectro en búsqueda y tipos de alimenta-



**Los escarabajos tigre  
están convirtiéndose  
en herramientas  
promisorias para  
estudios de diagnóstico  
y recomendaciones  
de áreas perturbadas  
en su conservación.**

ción, variedad de formas de sociabilidad y parasitismo, fidelidad ecológica, respuesta diferencial a perturbaciones, ciclos de vida cortos, observación y manipulación fácil en campo y laboratorio, asociación múltiple con otros organismos en los ecosistemas, y mucho más.

Puesto que la taxonomía de los insectos se conoce tan mal en nuestras regiones tropicales, es necesario recurrir a grupos definidos que permitan realizar estudios aceptables con presupuestos aceptables. Uno de estos grupos propuestos es

el de los escarabajos tigre (*Cicindelidae*), gracias a los siguientes factores:

1. *Taxonomía estable.* En los cicindélidos los cambios taxonómicos no han sido grandes, manteniéndose la familia relativamente estable aun en regiones poco exploradas. Esta estabilidad provee más fiabilidad en el manejo de especies y su distribución.

2. *Biología e historia de vida.* Se han escrito más de 1000 artículos sobre la biología e historia natural de larvas y adultos, y en unas pocas publicaciones se ha realizado la revisión de toda esta literatura.

3. *Observaciones y experimentos de campo.* En tan sólo unas 50 horas de colección se puede capturar y observar entre el 78% y el 93% de la fauna de escarabajos tigre; colecciones ulteriores incrementan muy poco el número de especies.

4. *Amplitud de hábitat y rango geográfico.* Los escarabajos viven en una amplia variedad de hábitats, desde arenas de playas hasta bosques húmedos.

5. *Especialización de hábitat.* Los estudios realizados en varias partes indican una estrecha relación con el hábitat en larvas y adultos de cicindélidos, como lo evidencian los mecanismos conocidos en su morfología, fisiología y comportamiento.

6. *Patrones biológicos correlacionados con los de otros grupos.* Los estudios de Pearson y Cassola han mostrado correlaciones significativas entre los números de especies de cicindélidos con los de aves y mariposas en áreas como Norteamérica, la India y Australia. Esto significa que los cicindéli-

dos podrían sugerir pautas y patrones de estos grupos en otras regiones, e incluso con otros taxa con los cuales no se han hecho comparaciones, como familias de plantas, hormigas, etc.

7. *Importancia económica.* Se sabe que los cicindélidos predan sobre algunos insectos plaga de cultivos, como en arrozales en la India y Perú.

Son muchas las lecciones que nos ofrecen los escarabajos tigre. Sus especies recurren a fascinantes mecanismos para resolver los más variados problemas que surgen de su amplia ocupación de hábitats y de sus persistentes enemigos. Su historia natural fortalece nuestra a veces perdida capacidad de asombrarnos. Algunas fases de su vida pueden ayudarnos a comprender mejor las consecuencias de la obsesiva destrucción de recursos en que nos hemos empeñado.

Los escarabajos tigre no hacen sino demostrarnos que la grandeza puede caber bien en lo pequeño. Y que nos deja espacio para el asombro.

.....

**Literatura consultada**

1. **Altaba C:** *The importance of ecological and historical factors in the production of benzaldehyde by tiger beetles.* *Systematic Zoology* 1991; 40(1): 101-105.
2. **Brown KS:** *Conservation of neotropical environments: Insects as indicators.* In: Collins NK, Thomas JA (eds.): *Conservation of Insects and their Habitats.* Academic Press, London, 1991, pp. 350-404.
3. **Fernández F, Amat G, Pearson DL:** *Los escarabajos tigre (Coleoptera: Cicindelidae) de Colombia. I. Introducción y clave para géneros.* *Boletín Museo de Entomología, Universidad del Valle* 1993; 1(1): 29-40.
4. **Gombrich EH:** *The History of Art, 15th Ed.* Prentice Hall, 1989, 535 pp.
5. **Mooi R, Cannell PF, Funk VA, Mabee PM, O'Grady RT, Starr CK:** *Historical perspectives, ecology, and tiger beetles: An alternative discussion.* *Systematic Zoology* 1989; 38(2): 191-195.
6. **Pearson DL:** *Biology of tiger beetles.* *Annual Review of Entomology* 1988; 33: 123-147.
7. **Pearson DL, Cassola F:** *World wide species richness patterns of tiger beetles (Cicindelidae): Indicator taxon for biodiversity and conservation studies.* *Conservation Biology* 1992; 6(3): 377-391.
8. **Schulz P:** *Tiger hunt.* *Natural History* 1991; 5: 38-45.
9. **Wiesner J:** *Checklist of the tiger beetles of the world.* Verlag Erna, Germany, 1992, 361 pp.

# Los insectos como modelos biológicos en estudios de biodiversidad y conservación

Cada vez más los insectos se consideran como elementos biológicos ideales en los estudios sobre biodiversidad y biología de la conservación. Esta importancia se mide por la literatura especializada, aparecida en los últimos años, con énfasis en la entomología y su relación con la conservación de áreas naturales especiales y de gran interés mundial, como los trópicos.

La preferencia de los insectos como bioindicadores del estado de los hábitats reside fundamentalmente en cinco aspectos:

**1. Alta riqueza y diversidad de especies:** 4 de cada 5 especies de animales son insectos, lo que en términos de probabilidades facilita metodológicamente cualquier labor de captura.

**2. Fácil manipulación:** a excepción de las especies con cierto riesgo de implicaciones toxicológicas para el hombre, la mayoría de insectos no presentan agresividad después de su detección y requieren bajos esfuerzos de captura. El tamaño de los individuos minimiza la labor de captura y desplazamiento de muestras.

**3. Fidelidad ecológica:** muchas especies de insectos pueden presentar rangos estrechos de tolerancia a los factores abióticos; esto permite relacionar determinados grupos de insectos con determinados hábitats y microhábitats.

**4. Corta temporalidad generacional:** a diferencia de la mayoría de animales, un gran número de especies de insectos son polivoltinas, es decir, con varias generaciones en un ciclo anual, lo que posibilita gestiones de monitoreo a corto plazo.

**5. Fragilidad frente a mínimas perturbaciones:** este factor permite

seleccionar variables demográficas o de comportamiento que puedan ser medidas u observadas en campo y, lo que es más importante, que tengan una estrecha correlación con una o más variables abióticas preseleccionadas.

Escogidos los insectos como objetos biológicos de estudio, es necesario determinar los principales requisitos para definir qué taxón puede aportar a una teoría que identifique y/o categorice áreas con ciertos atributos especiales y de importancia conservacionista. Los taxa por escoger deben tener idealmente las siguientes características:

- Estado actual de su taxonomía bien conocida y estable.
- Las especies deben ser componentes de primer orden dentro de las comunidades bióticas, por su importante papel en los procesos funcionales del ecosistema a que pertenecen; en ecología se les considera "especies clave". Su ausencia desencadena cambios desestabilizadores a nivel de los demás componentes bióticos y tales efectos pueden detectarse indirectamente.
- Historia natural con un buen grado de conocimiento.

En Colombia, varias especies de insectos acuáticos se han identificado como importantes indicadores biológicos para medir la calidad del agua. En cuanto a los insectos terrestres, la gran restricción es el desconocimiento taxonómico en el que ha estado inmersa la entomología colombiana, exceptuando por supuesto la labor taxonómica dirigida hacia insectos con importancia agrícola y algunos órdenes como *Lepidoptera* e *Hymenoptera*.

Los escarabajos pasálidos son coleópteros colonizadores de troncos muertos en la dinámica natural del desarrollo de los bosques y podrían conformar un grupo de gran interés en estudios de biodiversidad y conservación. Sin embargo, el fenómeno de estudio central es la respuesta de las poblaciones animales frente a los cambios drásticos de sus microhábitats; el efecto de la tala multiplica «anormalmente» el número de troncos y las poblaciones sufren modificaciones en los patrones de dispersión y ocupación del nicho; en un mismo tronco puede presentarse sobresaturación intra e interespecífica. El endemismo de especies es otro elemento de gran valor para caracterizar áreas. Estudios futuros en esta línea de investigación podrán esclarecer la interacción entre perturbaciones del hábitat y poblaciones animales.

El estudio de la biodiversidad de insectos es todo un programa que debe ser emprendido por un equipo de entomólogos que a nivel regional o nacional puedan generar una importante fuerza de formación científica y aportar elementos para los sectores comprometidos en el estudio de áreas de protección.

**Germán Amat**  
Unidad de Ecología  
y Sistemática (Unesis)  
Programa de Investigaciones  
en Biodiversidad y Biología  
de la Conservación  
Departamento de Biología  
Pontificia Universidad Javeriana

# La base biológica de la

Francisco J. Ayala  
Universidad de California en Irvine  
California, Estados Unidos

## Introducción

**L**ucy fue descubierta en 1974 en Etiopía; el esqueleto casi completo de una adolescente que vivió hace tres millones de años en las sabanas africanas. Lucy tenía un metro de altura y un cerebro poco mayor que una pelota de mano, con 300 gramos de peso, menor que el de un chimpancé. De Lucy, o al menos de los miembros de su especie, *Australopithecus afarensis*, descendemos los humanos.

Lucy era diferente de gorilas y chimpancés por su postura bípeda, cosa que sabemos por la configuración de sus caderas. Los antepasados de Lucy habían cambiado su estilo de vida, migrando de la selva a la sabana. La postura bípeda evolucionó en la sabana porque permite ver de lejos a los depredadores de los cuales hay que huir y a las víctimas por cazar, lo que nuestros antepasados podían hacer mejor erguidos sobre las patas traseras.

La postura bípeda fue el cambio clave que llevó al aumento del cerebro y de la inteligencia. Y fue también el cambio clave a partir del cual se origina el sentido moral. Los humanos son definidos biológicamente por su inteligencia: *Homo sapiens*. Otro atributo que nos distingue de los demás animales es el sentido moral: *Homo moralis*. Sólo los humanos evaluamos las acciones como moralmente buenas o malas.

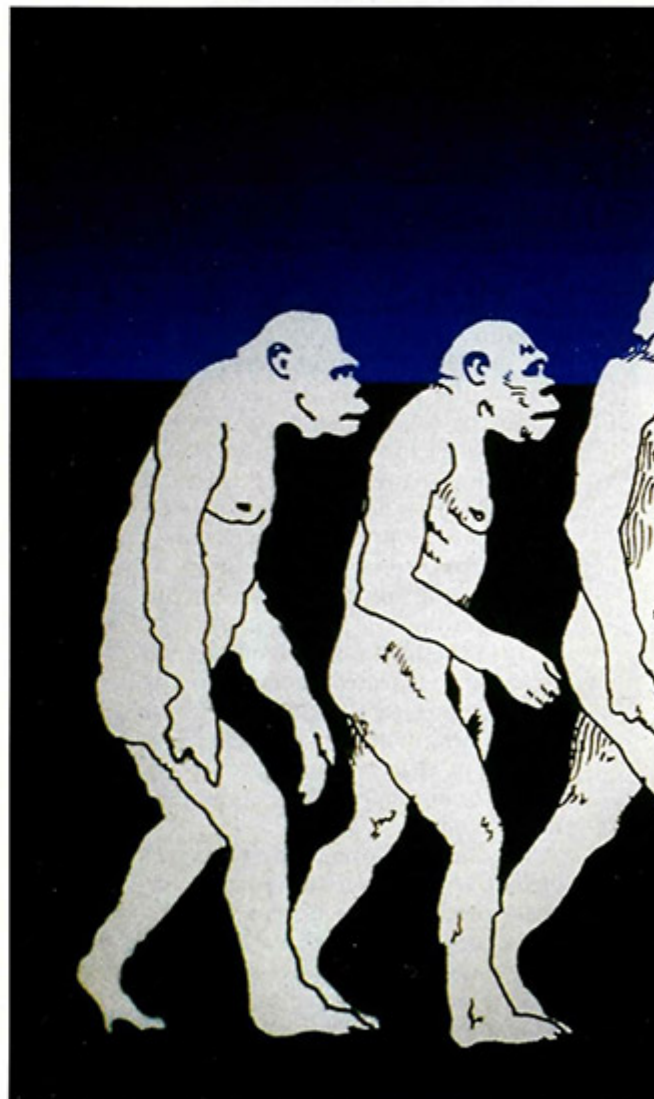
¿De dónde nos viene el sentido moral? Los sociobiólogos y otros evolucionistas responden que el sentido moral, como otros atributos universales de la humanidad, es un producto de la evolución biológica. Estoy de acuerdo con la afirmación, pero no con la explicación que ofrecen. Para resolver la cuestión del origen de la moralidad es preciso distinguir entre el **sentido moral** y los **códigos morales**.

El sentido moral es, como la vista, el oído y otros sentidos, una capacidad; en este caso, la de juzgar las acciones como virtuosas o reprobables. Pero la **capacidad** de hacer juicios morales es cosa muy diferente de los **códigos morales**, esto es, las normas con arreglo a las

cuales decidimos que una acción es «buena» o «mala».

Uno de los desatinos de los sociobiólogos y otros evolucionistas es confundir el sentido moral con los códigos morales. El desatino es tan grande como confundir la capacidad de hablar con la lengua que se habla. La capacidad de hablar es un atributo humano universal; que se hable inglés o español depende de circunstancias históricas y geográficas.

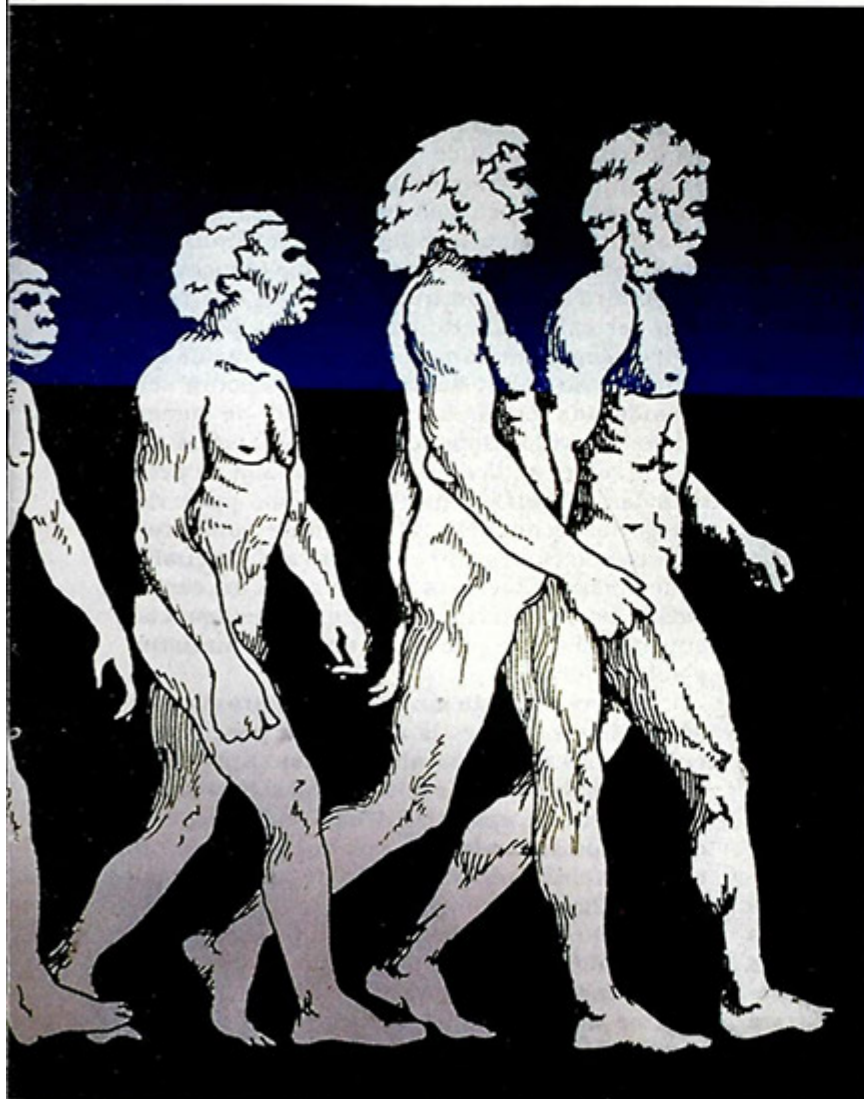
La conclusión que voy a sostener es que el sentido moral, como la capacidad de hablar, es



# moralidad

un atributo universal de la naturaleza humana y producto de la evolución biológica. Por el contrario, los códigos morales, como las lenguas, no son producto de la evolución biológica sino de las tradiciones sociales y religiosas.

Sin embargo, el paralelo entre moralidad y lenguaje no debe llevarse hasta el final. El español, el sánscrito y el maya son lenguas radical e inconciliablemente diferentes (aunque Chomsky y otros estructuralistas proclaman que todos los lenguajes comparten estructuras profundas ineludibles). Los códigos morales va-



rían de una cultura a otra, pero todos tienen mucho en común.

La razón es la siguiente: un lenguaje es semánticamente arbitrario; no se necesita que haya correspondencia entre la configuración de cada palabra y su significado. Por el contrario, las normas morales necesitan conformarse a las necesidades biológicas. Una sociedad que tuviera como mandamiento, por ejemplo, matar a todos los recién nacidos, se extinguiría. Los códigos morales tienen que ser compatibles con las necesidades biológicas, aun cuando no sean dictados por ellas.

## Condiciones para el comportamiento moral

La pregunta de si el sentido moral o comportamiento ético está determinado por nuestra naturaleza biológica ha de ser respondida afirmativamente. Por "comportamiento ético" entiendo, no la buena conducta, sino el imperativo de juzgar las acciones humanas como buenas o malas. El ser humano denota comportamiento ético por naturaleza, porque su constitución biológica determina en él la presencia de tres condiciones necesarias y, en conjunto, suficientes para que se dé tal comportamiento. Estas condiciones son: 1. la capacidad de anticipar las consecuencias de las acciones propias; 2. la capacidad de hacer juicios de valor, y 3. la capacidad de escoger entre cursos alternativos de acción.

Examinaré brevemente cada una de estas capacidades y mostraré que existen como consecuencia de la eminente capacidad intelectual del ser humano.

La capacidad de anticipar o prever las consecuencias de las acciones propias es la más fundamental de las tres condiciones que exige el comportamiento ético. Sólo si puedo prever que al apretar el gatillo saldrá disparada la bala, que a su vez herirá y matará a mi enemigo, podrá ser calificada de vil la acción de apretar el gatillo. Apretar el gatillo no es de por sí una acción moral; llega a serlo en virtud de sus importantes consecuencias. Mi acción tiene una dimensión ética sólo si preveo estas consecuencias.

La capacidad de anticipar las consecuencias de las acciones propias está estrechamente relacionada con la de establecer el vínculo entre los medios y los fines; es decir, de ver en un medio precisamente eso, un medio, algo que es útil para un determinado fin o propósito. Dicha capacidad de establecer el vínculo entre los medios y sus fines demanda la de prever el futuro y formar imágenes mentales

de realidades no presentes o ni siquiera existentes.

La capacidad de establecer la relación entre los medios y los fines es la aptitud intelectual básica que ha permitido el desarrollo de la cultura y la tecnología humanas. Las raíces evolutivas de tal capacidad pueden hallarse en la evolución de la postura erguida, que transformó los miembros anteriores de nuestros antepasados, de órganos de locomoción en ór-



ganos de manipulación. Las manos se convirtieron, gradualmente, en órganos aptos para la construcción y uso de objetos destinados a la caza y otras actividades que incrementaban la supervivencia y la reproducción. La elaboración de útiles no sólo depende de la destreza manual sino de que éstos sean entendidos precisamente como útiles, como medios al ser-

vicio de ciertos fines o propósitos. La selección natural estimuló la capacidad intelectual de nuestros antepasados bípedos, porque una mayor inteligencia facilitaba la percepción de los útiles como tales y, por tanto, su construcción y empleo, con la consiguiente mejora de la supervivencia y la reproducción biológicas.

El desarrollo de las aptitudes intelectuales de nuestros antepasados se produjo hace tres o más millones de años, multiplicando paulatinamente la capacidad de vincular los medios con sus fines y, por ende, la posibilidad de fabricar útiles cada vez más complejos, al servicio de propósitos remotos. Por consiguiente, la capacidad de prever el futuro, esencial para el comportamiento ético, está estrechamente asociada con el desarrollo de la capacidad de construir útiles; capacidad que ha generado la aparición de la avanzada tecnología de las sociedades modernas y que, en buena medida, es responsable del éxito de la humanidad como especie biológica.

La segunda condición para la existencia del comportamiento ético es la capacidad para hacer juicios de valor; es decir, de ver en ciertos objetos o actos algo más deseable que en otros. Sólo si puedo ver en la muerte de mi enemigo un hecho preferible a su supervivencia (o viceversa), podrá la acción que lleve a su destrucción ser calificada de moral. Si las posibles consecuencias de una acción son neutras en cuanto a su valor, dicha acción no podrá ser considerada ética. La posibilidad de hacer juicios de valor depende de la capacidad de abstracción, es decir, de la capacidad de percibir las acciones y los objetos como parte de categorías generales. Esto permite comparar objetos o acciones entre sí y ver en unos cualidades más destacables que en otros. La capacidad de abstracción exige una inteligencia superior, como la que se da en el ser humano y sólo en él.

La tercera condición necesaria para el comportamiento ético es la capacidad para elegir entre líneas de acción alternativas. Apretar el gatillo puede ser una acción moral sólo si tengo la opción de no apretarlo. Una acción obligada que escapa a nuestro control, no es una acción moral: la circulación de la sangre o la digestión de los alimentos no son acciones morales. Si existe o no el libre albedrío es un problema que los filósofos han discutido largamente, y no es éste el lugar adecuado para revisar los argumentos al respecto. Aquí sólo expondré dos considerandos de sentido común en pro de su existencia. Uno es nuestra experiencia perso-

nal, que indica que la posibilidad de escoger entre alternativas es real, no sólo aparente. El segundo es que al enfrentarnos a una situación que exige una iniciativa de nuestra parte, podemos explorar mentalmente diversas líneas de acción, ampliando así el dominio en el cual podemos ejercer nuestro libre albedrío. Sea como fuere, si no existiese el libre albedrío no existiría el comportamiento ético; la moralidad no sería más que una ilusión. Sin embargo, lo que quiero dejar bien claro aquí es que el libre albedrío depende de la existencia de una inteligencia bien desarrollada que permita explorar líneas de acción alternativas y escoger una u otra a la vista de las consecuencias previstas.

En resumen, el comportamiento ético es un atributo del bagaje biológico del ser humano y, por consiguiente, un producto de la evolución. Pero no encuentro argumentos en favor de que el comportamiento ético se desarrollara por ser intrínsecamente adaptativo. Me resulta difícil imaginar cómo la valoración de ciertas acciones como buenas o malas (no la mera elección de unas y no otras, o la decisión respecto de sus consecuencias prácticas) incrementaría la eficacia reproductora del valorador. Ni se me ocurre cómo podría existir una forma de comportamiento ético «incipiente» que fuera luego fomentada por selección natural.

Las tres condiciones necesarias para que exista el comportamiento ético son manifestaciones de unas aptitudes intelectuales avanzadas, y mi propuesta es que el objetivo de la selección natural fue el desarrollo de tales aptitudes. Estas se vieron favorecidas por la selección natural, porque la construcción y uso de útiles mejoraba la eficacia de nuestros antecesores bípedos. Una vez apareció el bipedalismo y se hicieron posibles el uso y la fabricación de útiles, los individuos más eficientes en estas tareas tenían una mayor probabilidad de éxito biológico. La ventaja biológica brindada por el diseño y el empleo de útiles persistió lo suficiente para que las apti-

tudes intelectuales continuaran en aumento, produciendo a la larga el extraordinario desarrollo de la inteligencia que caracteriza al *Homo sapiens*.

Una cuestión que se plantea es si la capacidad para el comportamiento ético puede hallarse también presente, al menos en forma rudimentaria, en otros animales, en proporción al desarrollo de su inteligencia. Mi respuesta es negativa. Ciertos animales manifiestan comportamientos análogos a los que se desprenden de las acciones éticas del ser humano, pero semejantes comportamientos están determinados genéticamente o por adiestramiento ("respuestas condicionadas"). En mi opinión, ninguna de las tres condiciones necesarias para el comportamiento ético se da en los animales.

La capacidad para la ética es producto de una evolución paulatina, pero es un atributo que sólo existe cuando los que subyacen a él (por ejemplo, las aptitudes intelectuales) alcanzan un grado de desarrollo elevado. Las condiciones necesarias para el comportamiento ético sólo aparecen una vez salvado un umbral evolutivo. La aproximación es gradual, pero las condiciones se dan sólo cuando se alcanza un grado de inteligencia tal que haga posible la formación de conceptos abstractos y la capacidad de prever el futuro.

### Los códigos morales

He respondido en sentido afirmativo a la primera de las dos cuestiones planteadas. El comportamiento ético está arraigado en la naturaleza biológica del ser humano. He propuesto así mismo que dicho comportamiento no evolucionó porque fuera adaptativo de por sí, sino más bien como resultado indirecto de la evolución de una notable capacidad intelectual. Vayamos ahora a la segunda cuestión: ¿determina también nuestra naturaleza biológica qué normas morales o códigos éticos debe obedecer el ser humano? Mi respuesta es "no". Las normas morales según las cuales decidimos si una determinada acción es buena

**El libre albedrío  
depende de la existencia  
de una inteligencia  
bien desarrollada  
que permita explorar  
líneas de acción  
alternativas y escoger  
una u otra a la vista  
de las consecuencias  
previstas.**

o mala no están especificadas por la evolución biológica sino por la evolución cultural. Las premisas de nuestros juicios morales provienen de las tradiciones sociales, incluida la tradición religiosa.

Presto añadiré, sin embargo, que los sistemas morales, como cualquier otra actividad cultural, no pueden sobrevivir mucho tiempo si discurren en franca contraposición con la naturaleza biológica. Las normas de moralidad han de ser consistentes con nuestra naturaleza biológica, porque la ética sólo puede existir en individuos humanos y en sociedades humanas. Por tanto, cabría esperar también que las normas de moralidad aceptadas en la mayoría de las culturas fomentaran los comportamientos que incrementan la adaptación biológica de quienes se comportan de acuerdo con ellas. Lo cual es ciertamente el caso, aunque no lo es siempre ni es necesario que lo sea.

Antes de proseguir, quizá merezca la pena considerar brevemente la hipótesis de que la justificación de los códigos morales la dan las convicciones religiosas y sólo ellas. El vínculo entre la fe religiosa y los códigos morales no es necesario, o lógico, sino de motivación, o psicológico. Lo que quiero dar a entender con esto es que las creencias religiosas explican por qué las personas aceptan unas normas éticas determinadas: son sus convicciones religiosas las que les mueven a hacerlo así; pero, al seguir los dictados morales de su religión, los individuos no justifican racionalmente las normas morales que están aceptando.

Por supuesto, cabe desarrollar una justificación racional: por ejemplo, cuando un conjunto de creencias religiosas contiene propuestas sobre la naturaleza humana y el mundo, a partir de las cuales se pueden deducir en forma lógica las normas éticas. Pero en este caso dicha justificación lógica no proviene de la fe religiosa como tal, sino de una determinada concepción del mundo: es el resultado de un análisis filosófico fundamentado en ciertas premisas. En realidad, las motivaciones que vinculan las creencias religiosas y las normas éticas son lo más decisivo para el creyente. Pero esto es cierto en general: la mayoría de las personas, religiosas o no, aceptan un determinado código moral por razones sociales, sin tratar de justificarlo racionalmente mediante una teoría de la que se puedan deducir, de manera lógica, las normas morales.

Existen muchas teorías sobre los fundamentos racionales de la moralidad, como las

**Las normas morales  
según las cuales  
decidimos si una  
determinada acción  
es buena o mala  
no están especificadas  
por la evolución  
biológica sino por  
la evolución cultural.**

teorías deductivas que tratan de descubrir los axiomas o principios fundamentales que establecen lo que es moralmente correcto a partir de la intuición moral directa; o teorías como el positivismo lógico o el existencialismo, que niegan el fundamento racional de la moralidad, reduciendo los principios morales a decisiones emotivas u otras causas irracionales. A raíz de la publicación de la teoría darwiniana de la evolución por selección natural, filósofos y biólogos han intentado hallar en el proceso evolutivo la justificación de las normas morales. El fundamento común de todos estos intentos es que la evolución es un proceso natural que alcanza metas deseables y, por consiguiente, moralmente buenas; a decir verdad, ha producido el ser humano. Los partidarios de estas ideas consideran que sólo las metas evolutivas pueden prestar valor moral a la acción humana: que un acto humano sea



moralmente bueno depende de si favorece, directa o indirectamente, el proceso evolutivo y sus objetivos naturales.

El filósofo del siglo XIX Herbert Spencer fue quizá el primero que trató de fundamentar los códigos morales en la evolución biológica. Entre los intentos más recientes figuran los de los grandes evolucionistas de mediados del siglo XX, J.S. Huxley y C.H. Waddington y, en las últimas décadas, el de Edward O. Wilson, fundador de la sociobiología, disciplina que trata de descubrir la base biológica de los comportamientos sociales.

Una objeción fundamental a las teorías de Spencer, Huxley y Waddington (y a cualquier otra que busque la justificación de los códigos morales en la naturaleza biológica) es que dichas teorías incurren en el "sofisma naturalista" consistente en igualar lo que «es» y lo que «debe ser». Se incurre en el sofisma naturalista cuando se hacen deducciones que emplean los términos «debe» o «no debe», a partir de premisas que no los incluyen sino que se formulan con un «es» o un «no es». Un argumento sólo es válido desde el punto de vista lógico si las conclusiones contienen solamente términos que están presentes también en las premisas. A fin de pasar lógicamente de lo que «es» a lo que «debe ser», es preciso incluir una premisa que justifique el paso de una expresión a otra. Pero tal transición es lo que está en litigio, y se necesitaría una proposición

previa para justificar la validez de la transición, y así *ad infinitum*.

Del hecho de que algo es de un modo dado no se sigue que debería serlo en el sentido ético; «ser» y «deber ser» pertenecen a categorías lógicas dispares. El que la evolución haya seguido un determinado camino no implica que esa trayectoria sea moralmente buena o deseable.

La justificación de las normas éticas a partir de la evolución biológica, o de cualquier otro proceso natural, sólo se puede conseguir mediante la introducción de juicios de valor, preferencias humanas por uno u otro objeto o proceso. La naturaleza biológica es en sí misma moralmente neutra.

Conviene señalar, además, que recurrir a la selección natural o al curso de la evolución para establecer la moralidad de las acciones humanas puede llevar a paradojas. Los virus de la viruela y del sida son producto de la evolución, pero no sería razonable acusar de inmoralidad a la Organización Mundial de la Salud por su campaña para la erradicación total del virus de la viruela, o calificar de no éticos los esfuerzos para controlar la propagación galopante del virus del sida. Las enfermedades hereditarias humanas están determinadas por mutaciones que constituyen sucesos naturales en el proceso evolutivo, pero no consideramos inmorales curar o mitigar el sufrimiento de las personas que padecen tales enfermedades. La selección natural es un proceso que incrementa la frecuencia de ciertos genes y elimina otros, con lo cual se producen unas clases de organismos y no otras; pero en sí misma o en sus resultados no es un proceso moral o inmoral. Con el fin de calificar ciertos sucesos evolutivos de moralmente buenos o malos hemos de introducir valores humanos; la evaluación moral no se desprende simplemente de que ciertos sucesos se produzcan por procesos naturales.

## La sociobiología

Edward O. Wilson ha instado a "científicos y humanistas a considerar conjuntamente la posibilidad de que haya llegado el momento de que la ética sea arrebatada temporalmente de las manos de los filósofos y pase a las de los biólogos". Wilson, al igual que otros sociobiólogos, cree que su disciplina puede brindar la clave para el hallazgo de un fundamento naturalista de las normas éticas. El argumento es que la evolución nos predispone a aceptar las normas morales que son coherentes con los "objetivos" de la selección natural. Debido a esta predisposición, los códigos morales humanos sancionan pautas de comportamiento análogas a las que se dan en el comportamiento social de los animales. Los sociobiólogos sostienen que la concordancia entre los códigos morales y las metas de la selección natural en los grupos sociales fue descubierta cuando se formularon las teorías de la selección familiar y



del altruismo recíproco. El mandamiento de "honrarás a tus padres", el tabú del incesto, el mayor rechazo al adulterio de la esposa que al del esposo, la prohibición o limitación del divorcio, todos figuran entre los numerosos preceptos éticos que justifican comportamientos también justificados por la selección natural.

Creo, sin embargo, que ese argumento está errado y no escapa al sofisma naturalista. Considérese el altruismo como ejemplo. El altruismo en sentido biológico se define en función de las consecuencias genéticas de cierto comportamiento a escala de la población; y se explica por el hecho de que los genes que mueven a tal comportamiento están favorecidos, en realidad, por la selección, aun cuando

la eficacia biológica del individuo portador está menguada. Pero el altruismo en sentido moral se explica en función de las motivaciones: una persona decide arriesgar su vida (o incurre en algún género de coste) en beneficio de alguien. El isomorfismo entre altruismo biológico y altruismo moral es sólo aparente: las oportunidades de un individuo aumentan con el comportamiento de otro, que asume un riesgo o un coste. Las causas subyacentes son totalmente dispares: la consecución de beneficios genéticos en el caso del altruismo biológico, y el respeto por otros en el del altruismo moral.

La discrepancia entre los comportamientos biológica-

mente determinados y las normas morales, y por consiguiente la grieta radical en el argumento de los sociobiólogos en pro de un fundamento naturalista de la ética, queda subrayada por tres consideraciones adicionales que enunciaré brevemente.

La primera observación es que nuestra naturaleza biológica puede *predisponernos* a aceptar ciertos preceptos morales, pero no nos obliga a aceptarlos ni a que nos comportemos según ellos. Las mismas aptitudes intelectuales extraordinarias que hacen que el comportamiento ético —y en particular el libre albedrío— sea posible y necesario, nos brindan la facultad de aceptar unas normas morales y rechazar otras, con independencia de cualquier inclinación natural. Cierta predisposición natural puede influir en nuestro comportamiento, pero influencia y predisposición no son lo mismo que obligación o determinación.

Una segunda observación es que algunas normas morales son consistentes con los comportamientos estimulados por la selección natural, pero otras no. El mandamiento de caridad "amarás al prójimo como a ti mismo" resulta a menudo contrario a la eficacia global de los genes, aunque fomenta la cooperación social y la paz interior.

La tercera consideración es que las normas morales difieren de una cultura a otra, e incluso «evolucionan» con el tiempo. Muchas personas creen hoy día que el mandato bíblico de "creced y multiplicaos" ha sido sustituido por un imperativo moral de limitar el número de hijos. Ningún cambio genético en la población humana justifica tal inversión de este valor moral; es más, la eficacia global de un individuo sigue estando favorecida por el hecho de tener muchos hijos.

En conclusión, las normas morales no están determinadas por los procesos biológicos, sino por los principios y tradiciones culturales, que son producto de la historia humana. La evaluación de los códigos morales y de las acciones humanas ha de tener en cuenta el conocimiento biológico; mas para decidir qué códigos morales deberán ser aceptados, la biología por sí sola es palmariamente insuficiente.

**La justificación  
de las normas éticas  
a partir de la  
evolución biológica,  
o de cualquier otro  
proceso natural, sólo  
se puede conseguir  
mediante la introducción  
de juicios de valor  
y preferencias humanas.**

# MEDIO AMBIENTE









NOBLE INSPIRACION,  
ELEMENTOS QUE SURGEN  
DE LA NATURALEZA.  
TEXTURAS, COLORES,  
LINEAS Y FORMAS  
SE FUNDEN EN CERAMICA,  
PARA CREAR  
AMBIENTES PLENOS  
DE BELLEZA.

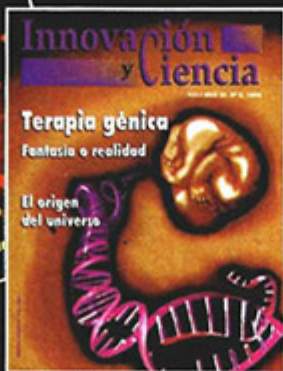
 **Corona**  
*Más Ambiental*



ASOCIACION COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA  
A.C.A.C.

-  Contribución al establecimiento de la legislación en ciencia y tecnología
-  Estimulos a los avances de ciencia y tecnología
-  Servicios a la comunidad científica y tecnológica
-  Actividades científicas juveniles
-  Fomento de programas y proyectos científicos
-  Convención Científica Nacional

CRA. 50 N° 27-70 Bloque C Ed. Camilo Torres  
Tels.: 221 67 69 - 221 73 48 - 221 33 13  
Fax: 221 69 50 • A.A. 92581  
E-mail (Internet): [acac1@colciencias.gov.co](mailto:acac1@colciencias.gov.co)  
Santafé de Bogotá, Colombia



UNA PUBLICACION  
DE LA ASOCIACION COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

## X CONVENCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL

29-30 y 31 Marzo/95

CIENCIA, TECNOLOGIA  
Y MEDIO AMBIENTE



EXPO  
TECNOLOGIA 95



EXPO  
CIENCIA

28 SEPTIEMBRE - 8 DE OCTUBRE  
SANTAFE DE BOGOTA

# Novedades editoriales

## EL ARTE DEL CHAMANISMO, LA SALUD Y LA VIDA. TUMACO - LA TOLITA

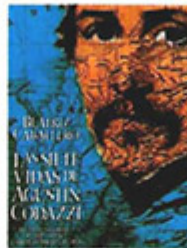
**Jaime Bernal Villegas,  
Ignacio Briceño Balcázar,  
Ronald Duncan**

Instituto Colombiano de Cultura Hispánica  
Publicaciones Pontificia Universidad  
Javeriana

1a. Edición, 1993

Pareciera que los defectos de nacimiento hubieran capturado siempre la imaginación humana, y hay ejemplos bien conocidos de expresiones artísticas de toda índole y de todas las épocas, que plasman con fidelidad signos o enfermedades hoy día bien conocidas. Como puede apreciarse a través de este trabajo, y de los realizados por otros en cerámicas de otras partes del continente americano, las culturas prehispánicas no escaparon a la fascinación que producen los múltiples defectos que pueden presentarse en los productos de la concepción humana. Mirar esta colección de piezas de la cerámica Tumaco/La Tolita exalta la imaginación, y varios puntos resaltan como hipótesis que vale la pena mencionar. Siguiendo a Taine, la obra de arte se halla determinada por el conjunto que resulta del estado general del espíritu y las costumbres ambientales. Por tanto, este estudio puede prestarse para hacer algunas inferencias sobre aspectos biológicos y culturales del grupo humano que elaboró la cerámica Tumaco/La Tolita.

## LAS SIETE VIDAS DE AGUSTIN CODAZZI



**Beatriz Caballero**

Instituto Geográfico Agustín Codazzi  
Carlos Valencia Editores

De la vida de Agustín Codazzi, más que de la de nadie, puede decirse que fue un viaje. O mejor, siete viajes, cada uno de los cuales corresponde a una edad, a un lugar, a una faceta suya. Hay que conocerlas todas para comprender por qué ese anónimo soldado italiano, aventurero y mercenario, se volvió libertador, geógrafo y cartógrafo de Venezuela y de la Nueva Granada, y para concluir que fue él quien verdaderamente descubrió el continente.

## EL MEDICO FAMILIAR Medicina preventiva y salud

**Guillermo Charry Collazos**

Motivado por la conciencia profesional adquirida en las aulas de la Universidad Nacional de Colombia, después de siete años de ejercicio de la medicina, y preocupado por la enfermedad que día a día se apodera más de la humanidad, aunado a las limitaciones asistenciales cada vez mayores, el autor pone en nuestras manos una obra sencilla, no sólo pensada y redactada sino también editada e impresa al alcance de todos, para ayudar a personas de educación media, vigías de salud, socorristas, a quienes prestan atención a la salud en zonas rurales y a toda persona interesada en llevar a la práctica la medicina preventiva.

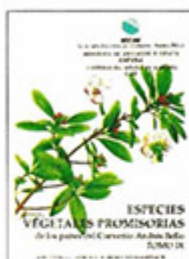
**ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS, ¡UTILICELOS!**



- Correo ordinario
- Correo certificado
- Certificado especial
- Encomendas aseguradas
- Encomendas contra reembolso
- Cartas aseguradas
- Filatelia
- Giros
- Electrónico burofax
- Internacional APR/SAL
- "Corra"
- Respuesta comercial
- Tarifa Postal Reducida
- Especiales

Teléfonos para quejas y reclamos: 334 0304 - 341 5536, Bogotá  
CUENTE CON NOSOTROS Hay que creer en los Correos de Colombia

## ESPECIES VEGETALES PROMISORIAS de los países del Convenio Andrés Bello Tomo IX



**Jaime Enrique Correa G.,  
Henry Yesid Bernal M.**

Secretaría Ejecutiva del Convenio  
Andrés Bello - Secab  
Ministerio de Educación y Ciencia -  
España  
Corporación Andina de Fomento -  
CAF  
Santafé de Bogotá, D.C., Colombia

La búsqueda de salida a los problemas planteados por el aumento de la población mundial, con el consiguiente deterioro ambiental que esto conlleva, debe partir del aprovechamiento y uso más eficiente y sustentable de los recursos naturales renovables y no renovables.

Por lo anterior, uno de los campos de trabajo de la Secab ha estado orientado al estudio de las especies vegetales subutilizadas o poco conocidas de los países del Convenio Andrés Bello, con el fin de determinar las potencialidades a corto, mediano y largo plazo, como plantas alimenticias, medicinales, industriales o de uso múltiple.

Esta obra busca contribuir al conocimiento de nuestros recursos naturales, así como a mejorar los problemas de desnutrición y de salud de los pueblos de la subregión andina.

## CARLOS EDUARDO VASCO URIBE

**Nelly Sol de Ocampo**  
Academia Boyacense de Historia  
Instituto Integrado Nacionalizado  
Silvino Rodríguez. Tunja, Boyacá, 1994

En las tres últimas décadas del siglo XX, el doctor Carlos Eduardo Vasco Uribe S.J., conocido por los colombianos como el padre Vasco, y un grupo de educadores que han valorado sus ideas pedagógicas, han conformado un pensamiento y acción educativa que bien puede hoy llamarse "escuela vasconiana", la cual ha tenido una influencia decisiva en la reforma educativa de Colombia, a partir de la década de los sesenta, ya casi en los umbrales del tercer milenio con líneas orientadas hacia el siglo XXI que se avecina.

## AMBIENTE Y FRONTERAS Una visión desde los países del Convenio Andrés Bello



**Eloísa Tréllez Solís (Editora)**

Secretaría Ejecutiva del Convenio  
Andrés Bello - Secab  
Fundación Konrad Adenauer  
Santafé de Bogotá, D.C., Colombia

El presente libro nació como resultado de un encuentro convocado por el Convenio Andrés Bello y su Proyecto Medio Ambiente y Desarrollo Social, con el auspicio de la Fundación Konrad Adenauer, y en él se recogen interesantes documentos relativos a la situación ambiental en las áreas fronterizas de los países de la región, presentados por representantes de los siete países miembros del Convenio (Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela), así como importantes planteamientos integracionistas referidos a experiencias y alternativas de acción conjunta para el mejoramiento ambiental.

## EL CULTIVO DEL PLATANO EN EL TROPICO



**Sylvio L. Belalcázar Carvajal**

Instituto Colombiano Agropecuario  
Comité Departamental  
de Cafeteros del Quindío  
Centro Internacional de  
Investigaciones para el Desarrollo  
Red Internacional para el  
Mejoramiento del Banano y el Plátano

Dentro del contexto que conforman las especies vegetales que se explotan en el país, es indiscutible la importancia socioeconómica que posee el cultivo del plátano. Su valor se ha ido incrementando año tras año, por considerarse que no sólo es uno de los componentes principales de la canasta familiar sino también por su contribución en la generación de fuentes de trabajo y de divisas, al igual que como materia prima en industrias procesadoras de alimentos para consumo humano y animal.

# X

CONVENCION  
CIENTIFICA  
NACIONAL

## CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE

25, 26, 27  
de Mayo de 1995  
Manizales - Colombia



ASOCIACION COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA  
A.C.A.C.

### INFORMES E INSCRIPCIONES:

**Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia**

Carrera 50 No. 27-70 / Edificio Camilo Torres Bloque C

E-mail: Internet:acac 1@colciencias.gov.co

Apartado Aéreo No. 92581 / Fax: 221 6950

Teléfonos: 221 7348 - 221 6769

Santafé de Bogotá - Colombia

**Mayo 25**

### Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible

- Hacia el desarrollo sostenible
- El plan de desarrollo de la ciencia y la tecnología
- La ciencia, la tecnología y el medio ambiente
- El futuro de la investigación ambiental en el país
- Elementos para una ética ambiental

**Mayo 26**

### Biodiversidad y Desarrollo Humano Sostenible

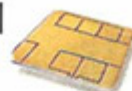
- Recursos genéticos (Ciencia y Biodiversidad)
- Biodiversidad en Colombia
- Conocimiento indígena tradicional y Biotecnología
- Propiedad de la biodiversidad
- Desarrollo agrícola sostenible
- Biotecnología y eficiencia industrial
- Biotecnología en petróleos
- Biotecnología vegetal
- Tecnología para el control de la contaminación acuática
- Tecnología para el control de la contaminación del aire
- Agricultura alternativa
- Biotecnología

**Mayo 27**

### Industria, Energía y Sistemas Urbanos

- Ecoeficiencia en la industria
- Las ciudades sostenibles
- Ecoeficiencia industrial
- Ahorro y uso eficiente del agua
- Ahorro y uso eficiente de la energía
- Tecnología industrial apropiada

**DESDE HOY  
PARA VIVIR  
PLENAMENTE  
USTED SOLO  
NECESITA ESTE  
"CHIP"**



**NUEVA**

## **LLAVE UPAC DEBITO INTELIGENTE**

Granahorrar, dándole la bienvenida al año 2.000, creó en Colombia la única tarjeta débito inteligente con chip incorporado y banda magnética para que usted pueda comprar y pagar en los puntos de pago inteligentes de Redeban\* y realizar sus transacciones en cajeros automáticos de todo el país. Sin demoras, sin bloqueos, sin esperas, siempre en línea.

Porque Granahorrar Débito Inteligente fué creada para personas con ideas efectivas, como usted.

**SIEMPRE EN LINEA**

\* Inicialmente en Bogotá



**Granahorrar**  
CORPORACION GRANCOLOMBIANA DE AHORRO Y VIVIENDA  
**Estamos en movimiento**