

Innovación y Ciencia

VOLUMEN VI, N° 2, 1997

Plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales



Exploración espacial

El centenario del electrón

TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$6.200.00

ISSN 0121-5140



9 770121 514007

02



Vive una Experiencia
con La Ciencia
y La Tecnología...



Centro Interactivo



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



CIUDAD
SALITRE

LLEGO UN CARRO 121% MEJOR QUE EL SUYO.

El diseño del Mazda 121 se puede resumir en una palabra: armonía. Externa e interna. La externa, de líneas elegantes y originales que le imprimen una personalidad propia, con excelentes acabados externos y una calidad inigualable.



Modelo 1998.

MAZDA 121.

Y la armonía interior, le proporciona el máximo de comodidad tanto al conductor como a los pasajeros. Un nuevo concepto de un carro con el confort y la amplitud de un sedán y las dimensiones de un 5 puertas.

Reserve ya su Mazda 121 en su Concesionario Mazda. Pero no le diga nada a su carro actual. Mire que nadie está preparado para ser sustituido así tan rápido y de forma tan contundente.

MAZDA
Trabajando por el país que queremos.



ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA
EL AVANCE DE LA CIENCIA -A.C.A.C.-

Presidente
Eduardo Posada

Directora ejecutiva
Nohora Elizabeth Hoyos T.

Innovación y Ciencia es la revista
de divulgación científica y tecnológica de la Asociación
Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC.

Coordinadora editorial
Rosario Martínez

Comité editorial
Nohora Elizabeth Hoyos, Alberto Ospina, Eduardo Posada,
Manuel Cardozo, Rosario Martínez, Andrés M. Pérez-Acosta.

Asesoría editorial
Mauricio Pérez Gil

Consejo editorial internacional
José Fernando Escobar, Leon Lederman,
Isabel Llano, Rodolfo Llínás, 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

Corresponsales
Juan Carlos Salcedo, Alba Avila

Publicidad
Clara López, Lilián Torres

Secretaría
Yenny Yuliett Arias

Corrección de estilo
Beatriz Peña, Germán González

Diseño gráfico y producción
Vesalius - Arte y Ciencia Ltda

Fotografía
Photo Images Ltda., Image Bank, Stock Visual

Preprensa electrónica
Elograf Ltda

Impresión
Printer Colombiana S. A.

Distribución
Distribuidoras Unidas 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.

Esta publicación ha sido realizada con la
colaboración financiera de Colciencias, entidad
cuyo objetivo es impulsar el desarrollo científico
y tecnológico de Colombia.

Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447
del 9 de octubre de 1992. ISSN 0121-5140.
Tarifa postal reducida N° 769 de Adpostal.
Venc. dic 98.

A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70,
Edificio Camilo Torres. A.A. 92581.
Fax: 2216950. Tels: 2213313 - 2217348 - 2216769.
e-mail: nehoyos@impsat.net.co
Santafé de Bogotá - Colombia.

Precio de venta al público \$6.200.
Suscripción (5 números al año): \$29.000.

CONTENIDO



Colombia es una de las potencias
bióticas del mundo. La investigación
sobre la conservación y recuperación
de nuestros suelos y aguas nos
permitirá "apropiarnos" de la
enorme y extinguida riqueza que
poseemos.

NOTA DEL EDITOR

Empresarios del mañana.

7

NOTICIAS Y COMENTARIOS

Cáncer, Sí hay mucho que hacer, ¡ahora!.

8

El periodismo científico en un país
como Colombia.

12

¿Tiene límites la psicología?

16

Memorias ferroeléctricas.

18

VISTAZOS

Los conductores van más rápido de lo que creen.
Motores de cemento.

Europa muestra señales de vida.

La intuición es clave en la toma de decisiones.

La revolución de las comunicaciones.

Un respiro para los usuarios de lentes de contacto.

Proteína transgénica.

Abejas africanizadas: ¿Para quiénes representan un mayor peligro?

Trasplante de tejidos animales: tecnología en desarrollo.

Error en experimento da lugar a descubrimiento importante.

22

ARTICULOS

Exploración espacial: del sistema solar al universo.

Gracias a la disponibilidad de nuevos instrumentos y tecnologías a bordo de plataformas espaciales, la astronomía es actualmente una de las ciencias más activas. El autor describe los proyectos actuales y futuros de la NASA y analiza su importancia para la exploración espacial.

28

La primera partícula -El centenario del electrón-

Con el descubrimiento del electrón por Joseph John Thomson, hace 100 años, nace la física de las partículas elementales. El autor narra cómo este descubrimiento fue el resultado de la acción conjunta de varios investigadores interesados en la búsqueda de la naturaleza de la electricidad.

36

Las plantas acuáticas: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales en Colombia.

Los sistemas con plantas acuáticas se presentan como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales aplicable en Colombia; se hace una breve revisión del uso actual de las macrófitas acuáticas en este tipo de sistemas: especies utilizadas, aplicaciones y resultados, limitaciones y desventajas.

46

Los retos de la informática musical.

La aparición del computador ha permitido mantener en el siglo XX el diálogo entre la música y la tecnología instrumental. La informática acerca al músico al sueño de poder elaborar el instrumento para los sonidos que imagina. Las capacidades de cálculo del computador ofrecen también al artista la capacidad de explorar materializaciones insospechadas de sus ideas musicales. La mayoría de los compositores ha vislumbrado las enormes posibilidades artísticas que se abren. Su visión plantea grandes retos tecnológicos a la informática. Este artículo describe algunos.

54

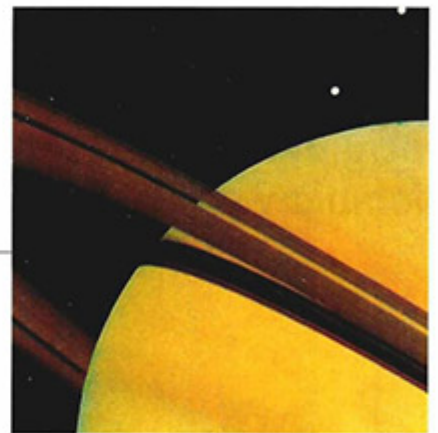
Los señores felinos y la servidumbre voluntaria: Reflexiones sobre las sociedades complejas del Cauca (Colombia) en el siglo XVI.

El escrito hace una interpretación de los cacicazgos antropófagos del Cauca, encontrados por los españoles en el siglo XVI. Plantea que conformaron una estructura social *sui generis*, basada en la dialéctica del señor felino (el cacique), la gente-batracio (el pueblo) y el guerrero sacrificado (los enemigos).

62

NOVEDADES EDITORIALES

71



Un paso adelante en ciencia y tecnología

La información más importante sobre los últimos avances en ciencia y tecnología realizados en Colombia y en el mundo

...Lea
**INNOVACION
Y CIENCIA**

Suscríbese ya por sólo \$ 29.000 al año

Al afiliarse a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia recibirá la revista **TOTALMENTE GRATIS**



NOTA DEL EDITOR

Empresarios del mañana

Uno de los factores que mayor importancia ha tenido en el vertiginoso desarrollo ocurrido en países del sudeste asiático, en las últimas décadas, es la transformación radical sufrida por su sector industrial, que pasó de ser esencialmente productor de materias primas a proveedor de bienes de consumo masivo con un alto contenido tecnológico. Es así como dichas naciones se han convertido en grandes productores de automóviles de calidad, de computadores y de circuitos integrados, que compiten con gran éxito en los mercados internacionales y que, al contrario de lo que a menudo se afirma, se basan en una tecnología propia, adaptada o desarrollada en los últimos años.

Si bien los esquemas utilizados en esa región del globo no pueden trasplantarse directamente a América Latina, si debemos retener la idea fundamental de que para poder competir en el mundo actual, en medio de una apertura económica generalizada, es indispensable cambiar la estructura de nuestro sector productivo, para hacerlo cada vez más moderno y basado en el conocimiento.

Puede parecer utópico que estemos proponiendo crear empresas de alta tecnología, cuando éste parece ser un campo que ya nos está definitivamente vedado. Sin embargo, una de las características fundamentales de ese tipo de industrias es precisamente el hecho de apoyarse mucho más en el talento de sus empleados que en las grandes inversiones de capital. Prueba de ello son las sofisticadas "microempresas" del Silicon Valley en California, responsables de la generación de una parte importante de la microelectrónica o de la biotecnología actuales. Estamos convencidos, por eso, de que existen aún nichos tecnológicos en los cuales los países latinoamericanos pueden competir con éxito, si saben canalizar y estimular el talento de sus gentes.

Para lograr resultados a mediano plazo es indispensable empezar una reforma de la educación básica y secundaria para dar más cabida a la enseñanza de las ciencias, buscando desarrollar la creatividad y el espíritu crítico en los alumnos, ayudándoles a perder el miedo a la ciencia y a la tecnología, y a apreciar sus fascinantes perspectivas. Del mismo modo, conviene dar un espacio importante a las actividades científicas y tecnológicas extraescolares, tales como las ferias de la ciencia y la tecnología, los clubes científicos y todas aquellas que ofrezcan la oportunidad de estimular la iniciativa y liberar el talento, dejando un amplio espacio al trabajo manual y al "cacharreo". En todo momento, es necesario además fomentar el espíritu empresarial en el estudiante y llevarlo a tomar confianza en sus posibilidades, en lugar de tratar de minimizarlas.

Es triste ver que a menudo el entusiasmo y la creatividad que el colegio no logró destruir, desaparecen definitivamente al pasar los estudiantes por la universidad, la cual, desafortunadamente y con muy honrosas pero escasas excepciones, se constituye en una máquina para domar talentos rebeldes. Cuánta falta nos hace una universidad que

forme empresarios para el mañana, ingenieros que creen e inventen, y no ingenieros entrenados para importar; pero también profesionales de otras disciplinas que tengan clara conciencia del papel de la ciencia y la tecnología para el desarrollo del país. Una vez más, es indispensable que la universidad, además de inculcar conocimiento, contribuya a desarrollar la creatividad, el espíritu empresarial y la confianza en sí mismos los estudiantes. Tan sólo así, la universidad empezará a jugar su verdadero papel en la construcción del país del mañana.

Sobra decir que el cambio que proponemos en la estructura del sector productivo nacional debe apoyarse en una verdadera política gubernamental de estímulo a la creación y al crecimiento de nuevas empresas, especialmente de base tecnológica. En esa dirección, el factor más importante es, sin duda, el establecimiento de líneas de crédito y de los sistemas de garantía necesarios para promover la creación de nuevas industrias. El crédito, sin embargo, no constituye por sí solo una garantía de éxito, sino que debe ir acompañado de todo un sistema de apoyo como el que pueden brindar la incubadoras de empresas que, en buena hora, se empiezan a fundar en el país, y que incluye no sólo las instalaciones locativas sino una permanente asesoría gerencial y financiera.

Además, es urgente consolidar la relación universidad-industria, que hasta ahora ha sido tan débil en Colombia, al igual que en la mayor parte de los países en vía de desarrollo. Un mecanismo que se ha probado en los últimos tiempos, y que parece estar arrojando buenos resultados, es el de los centros de desarrollo tecnológico, cuyo papel esencial es brindar apoyo directo a la industria, solucionando problemas de corto plazo y transmitiendo los problemas de más largo alcance a las universidades, lo cual sirve de germen para la elaboración de proyectos de investigación de mayor envergadura. Ese papel de interfase permite acercar los dos sectores involucrados, sirviendo al ajuste de los ritmos de trabajo y de los lenguajes, que por ser en general tan diferentes han sido uno de los mayores obstáculos para una eficaz colaboración.

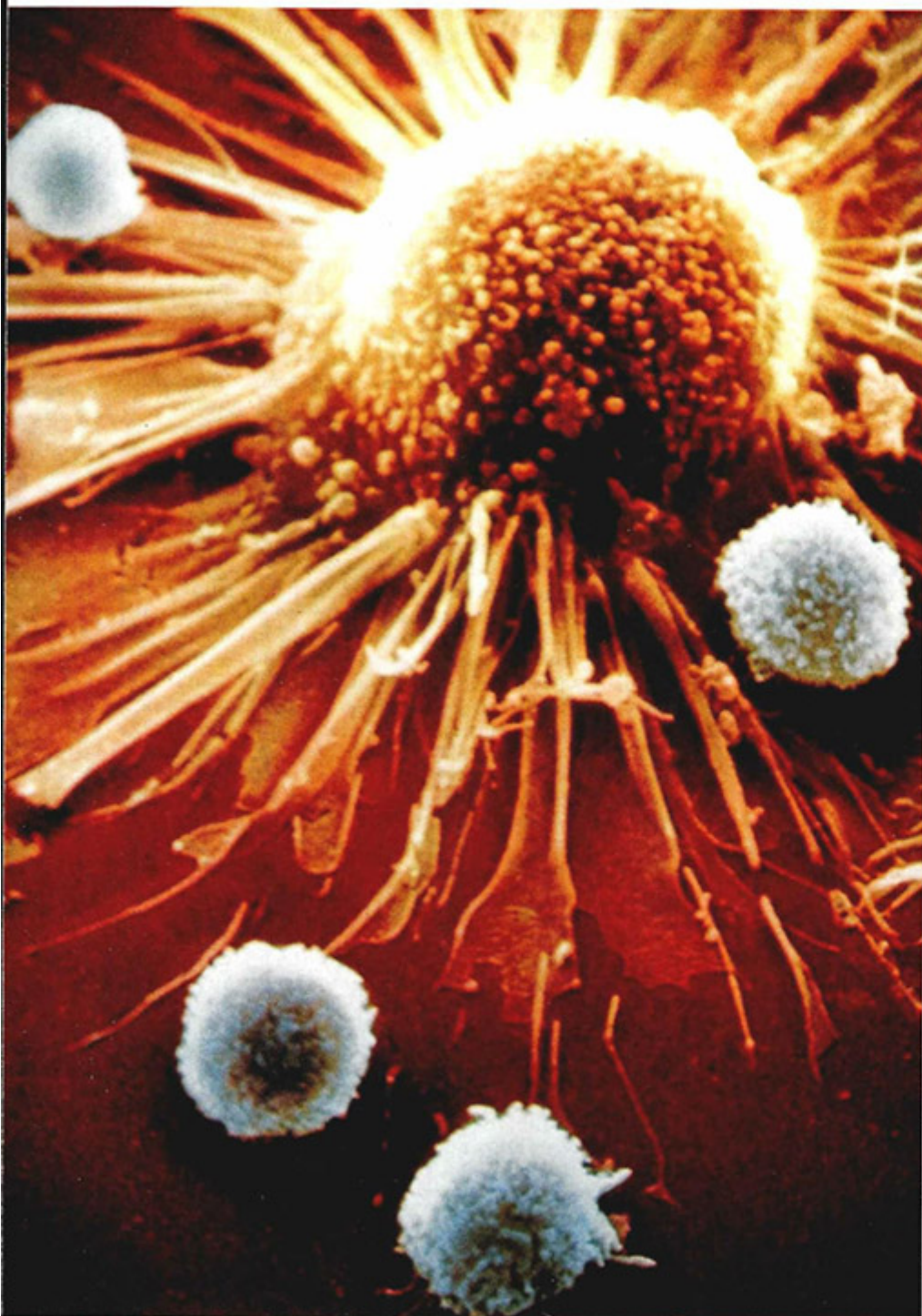
El otro aspecto esencial para dinamizar el cambio en la estructura del sector industrial es el de empezar a crear en el ambiente una cultura del riesgo, cuyo papel ha sido fundamental en otros países, especialmente en Estados Unidos. Esa labor debe iniciarse en el sector financiero, que parece ser tanto más conservador cuanto menos desarrollado es el país involucrado. El establecimiento de fondos de capital de riesgo puede ser un mecanismo muy adecuado en esa dirección.

El gran esfuerzo que debe realizar el país en los próximos años es emprender un proceso que conduzca al fortalecimiento de una cultura basada en el conocimiento, para garantizar una mejor calidad de vida a los colombianos.

EDUARDO POSADA F.
Presidente

NOHORA ELIZABETH HOYOS
Directora Ejecutiva

Cáncer



Lennart Nilsson ©Boehringer Ingelheim Int.

**Sí hay
mucho
que
hacer,
¡ahora!**

Con base en la información obtenida en la "Tercera Reunión Internacional de Trabajo en Programas Nacionales para el Control del Cáncer" de la Organización Mundial de la Salud, realizada en mayo de 1996, se describen las tres estrategias de mejor costo-efectividad para controlar el cáncer a nivel de nación: los programas de control del tabaquismo, el cuidado paliativo adecuado y el tamizaje para cáncer de cuello uterino.

En el campo de la oncología todavía falta mucho por investigar y descubrir. Aunque muchas veces nos sentimos "indefensos" frente al cáncer, en realidad existen ahora diferentes formas para prevenir, curar o mejorar la calidad de vida de quienes padecen la enfermedad. En Colombia es necesario cerrar la brecha que existe entre las recomendaciones, acordes con los avances científicos y la tecnología moderna, y lo que realmente se lleva a la práctica.

La frecuencia del cáncer ha venido en ascenso en los últimos años. Hoy en día, los tumores son la tercera causa de muerte entre los colombianos, después de las enfermedades cardiovasculares y las muertes violentas.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), con los conocimientos médicos actuales uno de cada tres casos de cáncer podría prevenirse; otro sería susceptible de curación con un diagnóstico temprano; y en el tercer caso podría mejorarse la calidad de vida del paciente mediante el cuidado paliativo adecuado. Algunas características de los estilos de vida, como la dieta sana (rica en fibra, frutas y verduras frescas, baja en grasa y sal, entre otros), la abstención del cigarrillo y la protección de algunos factores externos como la exposición al sol, son efectivas para prevenir, en cierta medida, la aparición de cáncer. Una gran proporción de tumores se puede tratar y curar cuando el diagnóstico se realiza en una etapa temprana (especialmente en los cánceres de seno, cuello uterino,

piel y cavidad oral). En las personas con cáncer avanzado, que no tienen posibilidades de curación, es posible mejorar sustancialmente la calidad de vida mediante un cuidado paliativo, que debe incluir manejo del dolor.

En mayo de 1996, la OMS reunió a los representantes de más de 30 países con el objetivo de apoyar las actividades de las naciones en la lucha contra el cáncer. En la reunión se presentaron las tres actividades que actualmente representan las áreas de mejores resultados en función de los costos: la lucha anti-tabaco, el cuidado paliativo adecuado y el tamizaje para cáncer de cuello uterino.

La lucha anti-tabaco

Si los patrones de consumo no cambian, el 9% de la población mundial morirá como consecuencia del tabaquismo. Encuestas recientes indican que cerca del 30% de los hombres y el 15% de las mujeres en Colombia fuman regularmente. Se estima que el consumo de tabaco es responsable de una tercera parte de todas las muertes por cáncer; sin embargo, produce un número aún mayor de muertes por enfermedades cardiovasculares, como el infarto. Se calcula que en Colombia más de 20.000 personas mueren cada año por enfermedades relacionadas con el consumo de los derivados de la hoja del tabaco. En 1991, los costos derivados del tabaquismo (principalmente por muerte prematura y ausentismo laboral) se calcularon en cerca de 57.000 millones de pesos.

La estrategia antitabaco propuesta por la OMS se basa en actividades educativas y legislativas dentro de un marco de liderazgo. Entre sus aspectos sobresalientes se incluyen:

- Obtener informes locales sobre las consecuencias del tabaco.
- Educar al público, especialmente al escolar, sobre los peligros del tabaquismo.
- Informar a los compradores sobre los contenidos de nicotina y alquitrán.
- Prohibir la publicidad de los derivados del tabaco, y prohibir el patrocinio de actividades culturales y deportivas por compañías tabacaleras.
- Restringir efectivamente la venta de tabaco a los menores de edad.
- Restringir su consumo en lugares públicos y de trabajo.
- Aumentar los impuestos a los productos de tabaco.
- Ofrecer métodos de apoyo que favorezcan el abandono del tabaquismo.

A pesar de los continuos informes científicos que describen los efectos nocivos sobre la salud, una alta proporción de colombianos sigue fumando. Este problema se

puede resumir al entender que las multinacionales tabacaleras han sido más eficientes en la creación de una "cultura del cigarrillo" que los organismos responsables de la salud por crear una "cultura de la salud".

Carecemos de una legislación coherente que restrinja el tabaco, y de campañas masivas de educación comprensiva y sostenida. Hoy en día, las compañías tabacaleras son las grandes patrocinadoras de los eventos deportivos

y culturales, debido al mercado potencial que constituyen los jóvenes y mujeres de los países en vía de desarrollo. La carencia de una

Las multinacionales tabacaleras han sido más eficientes en la creación de una "cultura del cigarrillo" que los organismos responsables de la salud por crear una "cultura de la salud".

política local, que integre los países de la región andina, ahoga las pretensiones de lograr hacer efectiva un alza de los impuestos a los derivados del tabaco, sin que se aumente el contrabando de cigarrillos en las fronteras con nuestros países vecinos. Adicionalmente, a nivel local, no contamos con conocimientos o regulaciones sobre los niveles de nicotina y alquitrán en los cigarrillos de consumo nacional (la nicotina es el compuesto responsable de la adicción al tabaco y el alquitrán el que aumenta el riesgo de cáncer de pulmón).

Cuidado paliativo adecuado

Se puede obtener un significativo impacto sobre las personas con cáncer y sus familias mediante un cuidado paliativo adecuado, pues se controla el dolor y el sufrimiento innecesario.

El alivio del dolor es un derecho humano. No obstante, se estima que entre el 50% y el 80% de las personas carecen de cuidados paliativos adecuados. Se calcula que con el esquema "de escalera" desarrollado por la OMS se puede controlar entre 80 y 90% del dolor producido por el cáncer.

La adecuada prestación de cuidados paliativos se debe originar en una política bien estructurada, acorde con los suministros y disponibilidad de medicamentos del

Con la citología vaginal, es posible reconocer tejido anormal que eventualmente pueda desarrollar cáncer del cuello (cérvix) uterino.

país. De igual manera, es importante concientizar al público general y a los profesionales del área de la salud al respecto, teniendo en cuenta que el cuidado paliativo se debe brindar durante todo el proceso de la enfermedad.

La morfina es uno de los fármacos utilizados con mayor frecuencia en el manejo del dolor de los pacientes crónicos. No obstante, existen algunos conceptos erróneos

que llevan a crear temores respecto a su aplicación y que vale la pena clarificar:

- La morfina de liberación lenta es igual de efectiva a la normal, sólo que la primera mantiene los niveles elevados y es más costosa.
- La morfina usada correctamente no produce adicción.
- La morfina debe administrarse cuando se necesite, no solamente en etapas avanzadas de la enfermedad (cerca a la muerte).
- La morfina no produce tolerancia, por lo tanto se puede usar sin temor a que pierda su efectividad en el futuro.

Cuando una persona está muriendo, es preferible tenerla en casa, cerca del hogar y familia.

En Colombia, los datos sugieren que una elevada proporción de los cánceres son diagnosticados en estados avanzados (entre 70 y 80% de los cánceres diagnosticados en el Instituto Nacional de Cancerología). Esto no sólo nos demuestra deficiencias en las actividades de detección del cáncer en estados tempranos; significa que esta enorme proporción de pacientes requiere de una atención centrada en el cuidado paliativo.

Colombia no cuenta en la actualidad con un programa coherente de cuidados paliativos, y la

morfina oral tiene disponibilidad deficiente en el mercado.

Tamizaje para cáncer de cuello uterino

Con la citología vaginal, es posible reconocer tejido anormal que eventualmente pueda desarrollar cáncer del cuello (cérvix) uterino. A este procedimiento se le denomina prueba tamiz, pues identifica las mujeres con mayor probabilidad de desarrollar cáncer dentro del grupo de las "sanas" (sin ningún sín-



toma). Estas alteraciones del tejido del cuello uterino pueden ser tratadas efectivamente, previniendo la aparición del cáncer.

El cáncer de cuello uterino es uno de los más frecuentes en los países en vía de desarrollo; la existencia de una prueba de tamizaje relativamente barata, que sirve como herramienta de prevención de la enfermedad, ha hecho que

este cáncer se haya convertido en uno de los más benignos. Entre 1977 y 1981, Cali ocupó el primer lugar de incidencia de cáncer invasor del cuello uterino en los registros poblacionales de cáncer en todo el mundo.

Las actividades para controlar el cáncer de cuello uterino se deben organizar, según las

Cáncer

recomendaciones de la OMS, a través de un programa que controle la regularidad de las citologías vaginales según los criterios locales. Datos recientes sobre la historia natural de esta enfermedad refuerzan el concepto de que los programas de tamizaje alcanzan su máxima efectividad con un intervalo relativamente amplio. Un estudio reciente sugiere que un intervalo de 5 años entre la toma de citologías es óptimo para reducir la mortalidad. Un programa de tamizaje de cáncer de cérvix bien organizado puede llegar a obtener reducciones del 60% en la incidencia y mortalidad por cáncer. Sin embargo, captar a las mujeres de mayor riesgo, entre 35 y 55 años de edad, implica grandes esfuerzos; el tamizaje de mujeres

más jóvenes sólo se debe realizar cuando las de mayor riesgo estén debidamente cubiertas por el programa.

En 1990 se creó un programa para la detección temprana y control de este cáncer, que se ha ido estableciendo progresivamente en las seccionales de salud del país. Aunque el programa ha sido efectivo, sus directores han detectado una baja cobertura, principalmente por dos factores: falta de técnicos en la lectura de las citologías, y dificultades para captar a las mujeres, especialmente las de mayor riesgo.

Si bien es cierto que el tamizaje del cáncer del cérvix es el método que garantiza más efectos para la inversión requerida, se deben realizar estudios locales para determinar el costo-efectividad de tamizar otros tipos de cáncer, como el de seno, que tienen tendencia incremental y amenazan convertirse en un grave problema para la salud pública en el futuro. También es necesario tener en cuenta otros cánceres de fácil vigilancia y bajo costo, como es el caso de los tumores de la cavidad oral y la piel que, con la inspección rutinaria en los chequeos médicos regulares, se pueden detectar tempranamente y tratar de modo adecuado.

En la actualidad, se pueden realizar muchas actividades para disminuir la carga de la enfermedad por cáncer en nuestro medio. Además, en el mundo desarrollado vienen cobrando fuerza en esta área, la investigación científica y el desarrollo tecnológico, que en el futuro podrán contribuir a mejorar de las técnicas de prevención y terapéutica del cáncer.

Germán Eduardo Peña, M.D.
Médico Cirujano,
Pontificia Universidad Javeriana,
Santafé de Bogotá, Colombia.

Bibliografía

1. *Situación del cáncer en Colombia. Programa de patologías generales, crónicas y degenerativas. Ministerio de Salud, mayo de 1996. Documento preparado por: Germán E. Peña.*
2. *National cancer control programmes. Policies and managerial guidelines. World Health Organization. Genova, 1995.*
3. *Informe Ejecutivo sobre la Tercera Reunión Internacional de Trabajo en Programas Nacionales para el Control del Cáncer. Sydney, Australia - 28 de abril al 1 de mayo. Ministerio de Salud, mayo de 1996. Preparado por: Germán E. Peña.*
4. *Ftp://www.who/ (Organización Mundial de la Salud en Internet)*
5. *Encuesta de Conocimientos Actitudes y Prácticas. Instituto de Seguros Sociales. Tomo VI, Bogotá, octubre de 1994.*
6. *Hechos y Acciones. Revista del I.N.C., Ministerio de Salud y la Liga Colombiana de Lucha contra el Cáncer. Edición No.3, mayo de 1995, Santa Fe de Bogotá.*
7. *Control de calidad y casos en el Instituto Nacional de Cancerología, Sección de Registros, Instituto Nacional de Cancerología, 1994. Documento preparado por: Sandra Roca.*
8. *Informe ejecutivo del Programa de Detección y Control de Cáncer de Cuello Uterino, Instituto Nacional de Cancerología, E.S.E., diciembre de 1994. Documento preparado por: Manuel Guillermo Gacharná, Sandra Lourdes Tovar y Mery Saraza Freitas.*
9. *Cervical cancer screening programs. Anthony B. Miller. Organización Mundial de la Salud.*

Adpostal



¡Llegamos a todo el mundo!

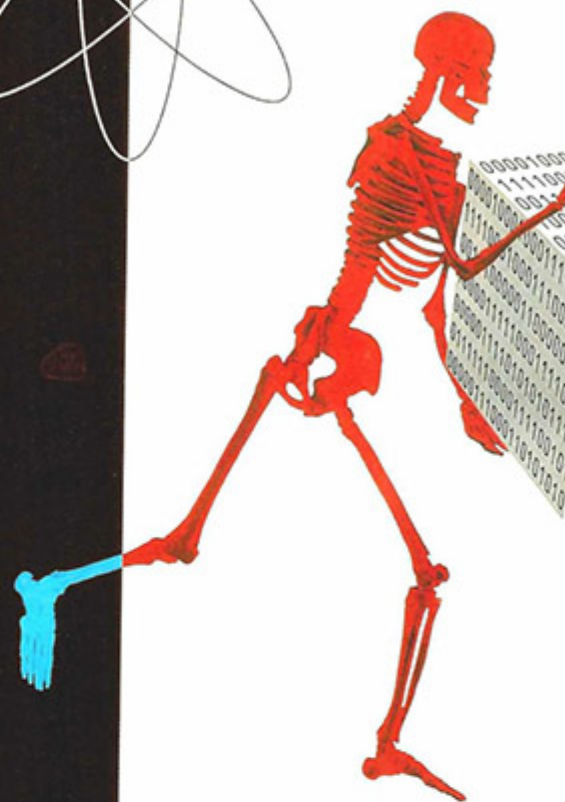
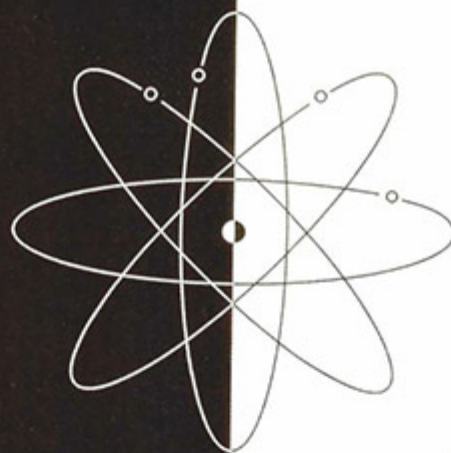
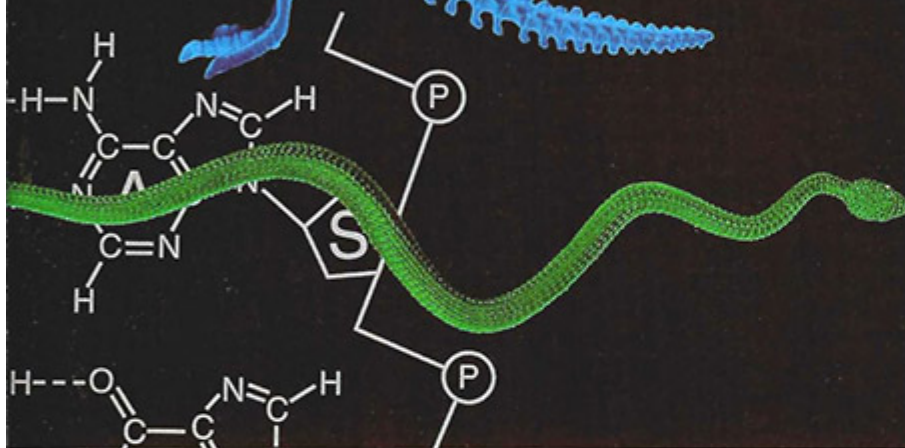
CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR A COLOMBIA Y AL MUNDO

ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS

VENTA DE PRODUCTOS POR CORREO
SERVICIO DE CORREO NORMAL
CORREO INTERNACIONAL
CORREO PROMOCIONAL
CORREO CERTIFICADO
RESPUESTA PAGADA
POST EXPRESS
ENCOMIENDAS
CORRA
FAX

LE ATENDEMOS EN LOS TELEFONOS:
243 88 51 - 341 03 04 - 341 55 34
980015503, Fax: 2833345

El periodismo científico



El periodismo científico sigue siendo en Colombia una actividad de altruistas e ilusos, por que todavía no se tiene conciencia real de la importancia que representa para un país el tener una ciudadanía ávida de conocimiento.

Sorprende este hecho si hacemos un poco de historia, y encontramos que la primera etapa del periodismo colombiano fue científica. Todos los colaboradores de los primeros periódicos escribieron con base en artículos científicos. El Semanario del Nuevo Reino de Granada, fundado por el geógrafo y naturalista colombiano Francisco José de Caldas, fue primordialmente científico, y los ini-

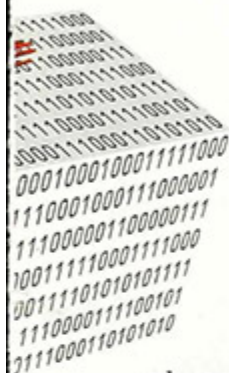
ciadores de la Expedición Botánica hicieron periodismo científico. En el Papel Periódico de Santa Fe de Bogotá, cuyo primer número circuló en 1791, colaboraron El Sabio Caldas y el botánico y matemático español José Celestino Mutis, dando cuenta de los descubrimientos de la Expedición Botánica. Igual sucedió con El Correo Curioso, en 1801. Pero esta tradición murió, quizá por las decenas de guerras civiles que vivió nuestro país durante el siglo pasado.

Gracias a las recomendaciones de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, y a un grupo de «sabios» colombianos conformado en 1993, durante la administración del Presidente César Gaviria Trujillo en 1993, en los círculos

científicos y culturales se habla de «endogenizar» la ciencia, en el sentido de que la sociedad se apropie del conocimiento científico y tecnológico, de tal manera que llegue a formar parte de su cotidianidad.

Dentro del plan de desarrollo del actual gobierno se concibió la puesta en marcha de estrategias que permitieran el aumento del porcentaje del Producto Interno Bruto, dedicado a ciencia y tecnología, que en 1994 era de 0.5%¹, de tal manera que en 1998 alcanzara el 1%. Dentro de las actividades que apoya el gobierno se encuentra el interés por la «popularización» de la ciencia y la tecnología, que incluye diversas formas de «endogenizar» el conocimiento (museos, centros interactivos, redes, programas de

un país como Colombia



educación continuada y no formal, actividades científicas juveniles e infantiles, producción de materiales). Entre ellas se destaca la capacitación y el fomento a la divulgación de la ciencia y al periodismo científico.

Si bien el gobierno no ha podido cumplir con esta promesa en su totalidad, los organismos que conforman el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, entre los cuales se encuentran universidades, organismos gubernamentales y no gubernamentales, institutos y la sociedad en general, son ahora más sensibles al tema de divulgar la actividad científica.

Esta actividad se ha visto reforzada con los resultados de algunas encuestas realizadas por medios masivos de comunicación y por las asociaciones que los reúnen, que reflejan como los temas de salud y ecología son los más leídos, después de la primera página de los periódicos. Estos dos campos ocupan espacios importantes no solamente en los medios escritos, sino en los audiovisuales. El caso de las secciones de informática y computadoras es único: su proliferación en los diferentes medios y en sus espacios es abundante, debido no sólo a la pauta publicitaria, sino, en buena parte

No se tiene
conciencia real
de la importancia
que representa
para un país el tener
una ciudadanía ávida
de conocimiento.

a la revolución que ha significado esta tecnología en el quehacer cotidiano a nivel mundial y nacional.¹ Según el documento "Política Nacional de Ciencia y Tecnología", del CONPES, "la inversión del Gobierno nacional en investigación científica y tecnológica ha oscilado en torno al 0.2% del PIB en los últimos años. Si se incluyen los programas de transferencia de tecnología, la cooperación técnica internacional, la inversión privada y los costos de funcionamiento del sistema, la inversión se eleva al 0.5% del PIB".

La divulgación científica en las universidades

Las facultades de comunicación y periodismo parecen no entender que forman parte del Sistema Nacional de Ciencia y Tec-

nología. El periodismo científico no está institucionalizado en las universidades. En Colombia hay un total de 16 facultades de comunicación a nivel de pregrado, de acuerdo con el listado entregado por la Asociación Colombiana de Facultades de Comunicación Social, AFACOM. Actualmente, sólo en una de ellas, la Fundación Universitaria Los Libertadores, en Santafé de Bogotá, el periodismo científico es cátedra durante un semestre. Los estudiantes deben editar una publicación a final de semestre, *Átomos*, con sus trabajos más destacados.

Otras facultades han dictado el curso en algún periodo de su historia, como la de la Universidad Pontificia Bolivariana, en Medellín, y la Universidad de La Sabana, en Santafé de Bogotá. Existen dos o tres universidades que, sin contar necesariamente con un programa de pregrado en periodismo, ofrecen cursos de especialización o maestría en periodismo o en comunicación para el desarrollo. Sin tocar específicamente el tema que nos atañe, aportan a la sensibilización sobre la importancia de promover la divulgación de la ciencia como elemento de progreso, y propician la generación de una sociedad más civilizada.

Si bien las facultades de comunicación social pueden ser una fuente y semillero de periodistas científicos, otro camino deseable sería inculcar al científico del mañana la idea de que es necesario divulgar su conocimiento. Como bien lo dice John Durant, director del Museo de Ciencias de Londres, «un investigador que no es capaz de comunicar los resultados de sus estudios está literalmente muerto».

Con el tiempo y con la experiencia he llegado a dos conclusiones: la primera, que lo mejor es estudiar una disciplina científica (social o básica), aun cuando el único objetivo sea escribir sobre ella y, con entrenamiento específico, desarrollar las destrezas del oficio del periodismo; y la segunda, que por lo tanto, si se abren los espacios de los medios de comunicación para los periodistas,

La experiencia: Universos

Una buena formación en divulgación científica se refleja en la programación de televisión y de radio, al igual que en las páginas de la prensa escrita.

La televisión es un medio de comunicación masivo cuyas funciones básicas son informar y entretener. Tiene un gran impacto por su característica única de presentar los hechos en forma casi inmediata, con imagen y sonido, lo que constituye un registro casi vivo de la realidad. Los programas con mayor audiencia corresponden a los noticieros y programas de opinión –a la gente le gusta estar actualizada– y a las películas de drama y de acción.

Teniendo estas consideraciones como base, se presenta un gran reto: ¿Cómo producir un programa que informe, entretenga y mantenga al

televidente en sintonía durante la media hora de duración?

El programa *Universos*, una realización de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, A.C.A.C., apoyado por Colciencias, surge como una necesidad innovadora de divulgar las diferentes investigaciones y acontecimientos en ciencia y tecnología que se producen en nuestro país y en el mundo. Surge además como una respuesta al reto de presentar temas científicos y tecnológicos de una manera agradable y atractiva.

La clave, pensamos, está en la manera de presentar la información. No se trata en sí mismo de temas fáciles ni tradicionalmente atractivos. Por ello es necesario manejarlos de un modo innovador y cautivante, de tal manera que, a tiempo que se informa, se cumpla con la función de entretener

al televidente. Se trata de involucrarlo en el programa; hacerlo partícipe de la acción y de la información; hacer que se identifique con el tema, con el presentador, con el investigador; lograr que vibre con el contenido del programa. Porque el contenido del programa no es el problema. Investigaciones y temas de ciencia abundan. El reto es la forma de presentarlo.

Un presentador es quien guía el programa y actúa como lo hiciera quien está frente a la televisión: haciendo las preguntas de un neófito, permitiendo extraer del entrevistado la información básica, sin entrar en profundidades que sólo entienden los especialistas, ni contagiándose de la jerga de sus fuentes. Se trata de “contar el cuento” de la ciencia y la tecnología; de volver accesible y familiar la información científica. Divulgar la ciencia es llevarla

igual se pueden abrir para los científicos de profesión, con una buena preparación en técnicas de prensa.

Por ello, más que estrictamente periodistas, somos «divulgadores científicos», independientemente de nuestra formación, pero con el gran reto de hacerlo bien. Así se desprende de la Primera Conferencia Mundial de Periodistas Científicos realizada en noviembre de 1992 en Tokio, cuando se oficializó la necesidad de especializar al periodista y enseñarle a escribir al científico, en el nivel universitario y en el de las empresas informativas.

Formar un divulgador científico

La formación de este tipo de divulgador significa entrenar a los científicos en la técnica del periodismo, y preparar al mismo tiempo al periodista para hacerlo competitivo en la entrega del conocimiento

científico a un público general y por tanto muy heterogéneo. Es, en otras palabras, enseñarle la destreza de escribir bien al científico y ser muy exigente con el periodista para que cumpla su misión a cabalidad y con profesionalismo.

Dicha formación puede ser brindada por la universidad, por los medios, o por los organismos e instituciones que trabajan en ciencia, en diferentes formas:

-Aprovechando los espacios ya existentes en las facultades de comunicación social y periodismo, e incluyendo el periodismo científico como cátedra o seminario.

-Creando posgrados de periodismo científico, en los cuales el científico aprenda a comunicar su conocimiento y el periodista adquiera el conocimiento básico, a través de lecturas y un permanente contacto con la comunidad –el rigor de la academia es necesario–

-Creando un seminario permanente de periodismo científico, que

permita un espacio de constante actualización de conocimientos en ciencia y en periodismo.

-Actualizando y traduciendo libros sobre periodismo científico, ciencia, tecnología y divulgación en general.

-Fomentando las pasantías en medios de comunicación masiva y especializados (revistas científicas, programas científicos en radio y televisión, etc.)

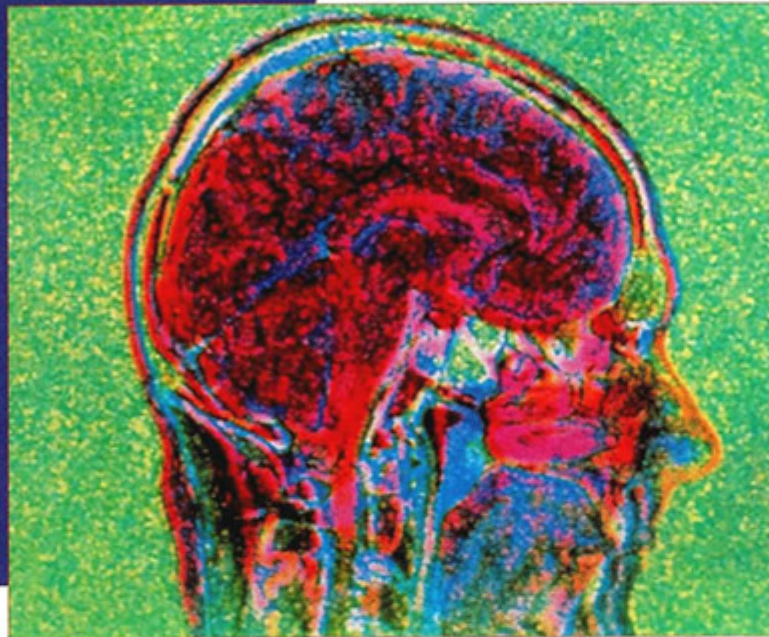
-Realizando periódicamente seminarios y talleres de divulgación científica dirigidos a profesionales de las diferentes áreas del conocimiento.

-Conformando redes de instituciones regionales que se dediquen a la divulgación de la ciencia y la tecnología.

-Introduciendo en las carreras de periodismo, ciencias e ingenierías, cátedras sobre divulgación de la ciencia y la tecnología.

Indudablemente, bien se actúe como estudiante o como profesio-

al receptor de una manera ágil y cotidiana. Es entrar en su casa y contarle, como si fuera en una conversación familiar, los adelantos de la ciencia.



nal, la práctica es necesaria si se quiere desarrollar destreza para la reportería en temas científicos y tecnológicos, además de una capacidad de análisis del impacto, la importancia y la necesidad de la información científica en los diferentes medios de comunicación.

La relación reportero - científico deberá ser fluida. En este punto, el divulgador debe ser conciente de sus fortalezas y debilidades, y el científico debe tener una sensibilidad especial para ofrecer sus conocimientos a los divulgadores sin ningún reparo o prevención, a pesar de que no siempre, como ocurre en otros lugares del mundo, los periodistas reflejen en sus artículos fielmente la información que reciben.

Formar un divulgador científico es necesario en un país como Colombia, para que sea el portador del conocimiento, el traductor del

lenguaje especializado al lenguaje cotidiano, para democratizar la ciencia, para entregar información útil a la ciudadanía.

Pero más que formar al divulgador, un buen periodismo científico sensibiliza a la sociedad para que entienda que la apropiación de ese conocimiento la beneficia. En otras

palabras, el reto para el divulgador no es solamente entregar el conocimiento y hacerlo de una manera adecuada -atractiva, sencilla, interesante-, sino lograr que su receptor quede ávido de recibir más información. El impacto del mensaje es lo que, en últimas, define el cumplimiento de nuestra misión.

¿Qué espera de nosotros nuestra audiencia o nuestro lector? Primero que todo informarse. ¿Pero informarse para qué? Para poder aplicar esa información en la vida cotidiana, de una manera útil y precisa, que no solamente lo informe, sino que también lo forme y le aporte conocimiento. Poner a disposición del ciudadano común información que eleve su calidad de vida con conocimientos, no necesariamente nuevos, que pueda aplicar a su quehacer cotidiano, permite la apropiación de ideas y

conceptos nuevos, base de una sociedad más homogénea y democrática².

Divulgar la ciencia, siguiendo a Manuel Calvo Hernando, no es hacer sabios en diez lecciones sino inquietar, llamar la atención, transmitir imágenes, aunque sean aproximadas, de la realidad científica y de sus perspectivas.

Por su parte Stuart Diamond, periodista científico del New York Times, es enfático al afirmar que, más que los resultados, es importante comunicar el proceso de la ciencia, porque es la divulgación del proceso la que permite la educación del público, más que la reseña del resultado.

La divulgación científica genera conocimiento, despierta vocaciones e intereses, desarrolla la capacidad de asombro, origina inquietudes y promueve la creatividad.

Lisbeth Fog

Periodista científica,
Asociación Colombiana para el Avance
de la Ciencia, A.C.A.C.
Santafé de Bogotá, Colombia.

¹La inversión del gobierno nacional en investigación científica y tecnológica ha oscilado en torno al 0.2% del PIB en los últimos años. Si se incluyen los programas de transferencia de tecnología, la cooperación técnica internacional, la inversión privada y los costos de funcionamiento del sistema, la inversión se eleva al 0.5% del PIB", Política Nacional de Ciencia y Tecnología, Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES. Documento No. 2739. Santafé de Bogotá, D.C., noviembre 2 de 1994, página 2.

²"El periodismo científico... tiene la importancia de acercar el saber y los conocimientos de la minoría hasta la mayoría", Manuel Calvo Hernando, en El periodista científico toca la puerta del siglo XXI, SECAB - KAS, Bogotá, 1988, página 11.

¿Tiene límites la psicología?

Aunque la mayor parte de las personas identifica la psicología con la actividad profesional de los psicólogos (principalmente en los campos clínico, organizacional y educativo), nuestra comunidad internacional la reconoce, en primer lugar, como una ciencia, separada oficialmente de la psicología con la fundación del primer laboratorio de psicología experimental, por W. Wundt, en 1879. La actividad profesional socialmente reconocida hace parte de la psicología aplicada, basada a su vez en la ciencia psicológica.

Lo que no se ha definido con total certeza es el lugar que ocupa la psicología dentro de las ciencias y su objeto de estudio en propiedad. Tanto los psicólogos como otros científicos y filósofos han publicado



diversas posiciones con respecto a los dos problemas (lugar y objeto).

Sobre el lugar epistemológico de la psicología, las posiciones se agrupan más o menos en tres conjuntos:

1. La psicología como ciencia biológica.

2. La psicología como ciencia social.

3. La psicología como ciencia bio-social.

El objeto de estudio de la psicología, al interior de sus escuelas filosóficas y científicas, ha evolucionado históricamente desde el alma humana (la *psiqué* de la Antigua Grecia) hasta el comportamiento de los organismos (B. F. Skinner, 1938). Aunque, hoy en día, la mayoría de psicólogos está de acuerdo en que la gran meta es la explicación del comportamiento humano, algunos enfoques insisten en incluir conceptos como mente, inconsciente o vivencia (ver M. Popp, *Los conceptos fundamentales de la psicología*. Barcelona: Herder, 1980);

sin embargo, tales corresponden más a conceptos explicativos del mismo comportamiento.

Detrás de estas disputas epistemológicas, que se tornan discusiones interminables, se advierte por lo menos algo en común: una necesidad *etológica* de marcar un territorio propio en el campo del conocimiento. Pareciera fundamental que la psicología se diferenciara radicalmente de la sociología o de la antropología, y podría parecer contraproducente la idea de que el psicólogo compartiera su campo de estudio.

Sin embargo, cuando se examina con detalle la investigación actual en campos específicos (aprendizaje, memoria, lenguaje, comportamiento social, etc.) se observa una tendencia creciente hacia el estudio

interdisciplinario. De acuerdo con el problema, se unen los esfuerzos de psicólogos a los de biólogos, médicos, sociólogos, antropólogos, lingüistas, filósofos y hasta ingenieros y matemáticos. Un ejemplo claro de este fenómeno es el surgimiento de la denominada "ciencia cognitiva" (ver su historia en H. Gardner, *La nueva ciencia de la mente*. Barcelona: Paidós, 1987), confluencia interdisciplinaria alrededor de los procesos cognoscitivos humanos que incluye básicamente: la psicología cognitiva, la filosofía de la mente, la psicolingüística, la neurociencia cognitiva y la inteligencia artificial.

¿Qué implicaciones epistemológicas tiene esta interdisciplinariedad? Por lo menos una: la psicología no tiene límites definidos (¡Ni tampoco confusos!). Su objeto de estudio (el comportamiento humano y animal-) necesariamente es compartido. Si bien el estudiante de psicología recita: "la psicología es la ciencia del comportamiento", también éste es un interés central del

etólogo o del experto en neurociencia comportamental.

Entonces se plantea una segunda pregunta: ¿Cuál es la diferencia entre una y otra ciencia del comportamiento? Una buena respuesta es: la diferencia es de *estrategia*.

En 1991, el psicólogo norteamericano J. E. R. Staddon y el brasileño J. L. O. Bueno, publicaron un artículo que me atrevería a calificar de "revolucionario" en el campo particular de la psicología básica del aprendizaje (*On models, behaviorism, and the neural basis of learning*. *Psychological Science*, 2: 3-11). Para Staddon y Bueno, la investigación del aprendizaje (entendido como la principal fuente de cambio comportamental) se ha realizado mediante dos *estrategias* que

cada vez confluyen más: la psicológica (*descendente*), que parte del comportamiento del organismo en interacción con el ambiente, y la neurocientífica (*ascendente*) que parte del funcionamiento celular del sistema nervioso.

Ambas estrategias, descendente y ascendente, deben llegar a dilucidar, por diferentes vías, los mecanismos del aprendizaje. Lo mismo se podría afirmar de otros procesos psicológicos básicos como la percepción, la memoria, la motivación y la emoción.

En conclusión, los límites de la psicología se han roto. Esta afirmación tiene importantes consecuencias para la filosofía de la psicología, para la investigación psicológica y para multitud de aplicaciones.

A nivel filosófico, aceptar la psicología como estrategia supone retar las corrientes radicales que pretenden separar artificialmente la psicología de las demás ciencias, o que pretenden reducirla a otras ciencias (p. e. a la biología).

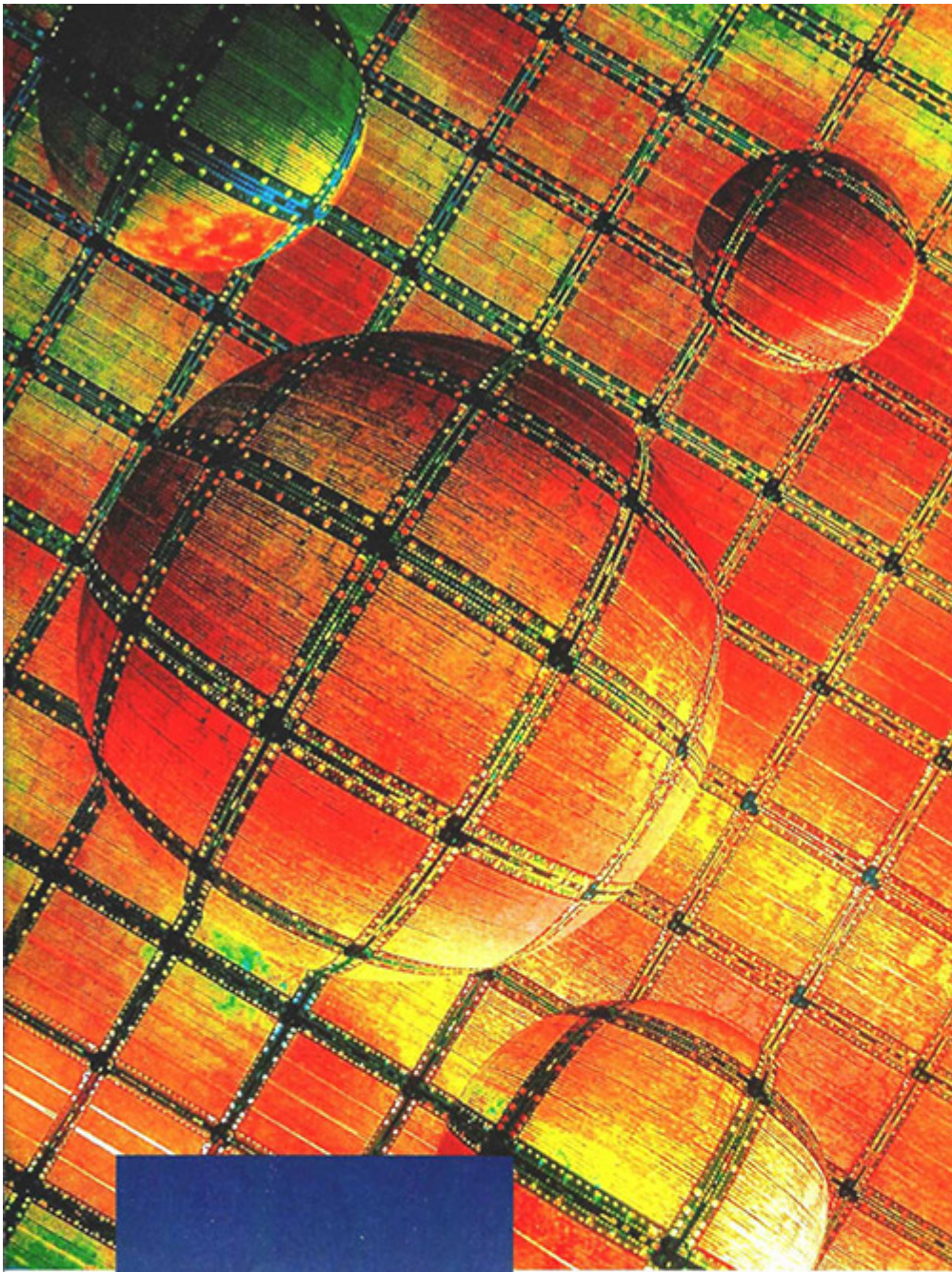
La investigación psicológica deberá, obligatoriamente, consultar de inicio a otras disciplinas (y viceversa) a la hora de plantear y probar hipótesis que den explicación a comportamientos específicos.

Finalmente, los psicólogos cuyo campo profesional implica la intervención en asuntos socialmente relevantes (psicopatologías, clima organizacional, orientación vocacional, etc.) tendrán que conformar equipos interdisciplinarios que se caractericen por la diversidad de estrategias alrededor de problemas comunes.

.....

Andrés M. Pérez-Acosta
Psicólogo, Universidad Nacional de Colombia.
Docente, Universidad Católica de Colombia.
Santafé de Bogotá, Colombia
e-mail: andresmanuel@usa.net

La gran meta es la explicación del comportamiento humano.



Introducción

Dos artículos caídos en mis manos a principios de este año y la nostalgia por la tecnología aprendida en mis primeros años como ingeniero me animaron a escribir este artículo, describiendo la celda de memoria tipo **FRAM** (**F**erroelectric **R**andom **A**ccess **M**emory), que aparece en el mercado casi 20 años después de que sus más cercanas parientes, las Memorias de Núcleos Magnéticos, desaparecieran, cumpliéndose uno de esos ciclos de repetición tecnológica que nos depara la naturaleza.

El primero de los artículos fue el aparecido en *Spectrum* de IEEE¹ en enero de este año, titulado "Solid State Technology 1997 Analysis & Forecast", en el que se plantea la aparición de las primeras memorias comerciales de alta densidad del tipo ferroeléctrico, que presentan en principio las mismas ventajas y problemas de las memorias de núcleos, utilizadas intensivamente en los computadores de los años sesenta y en los minicomputadores de los setenta.

Este anuncio me recordó los días en que los minicomputadores (PDP-8, PDP-11, TI 990 etc.) irrumpieron en el mercado, rompiendo el mito creado alrededor de los "grandes" computadores de la época, entregando a toda la comunidad científica y tecnológica la posibilidad de

Memorias ferroeléctricas

hacer uso de estas máquinas maravillosas, sin tener que recurrir a la intermediación de los "sacerdotes" de la computación y sin tener que convertir forzosamente su laboratorio en un "altar" para la máquina.

Siendo ingeniero de servicio de los PDP-8, el uso de las memorias magnéticas era una de esas herramientas implícitas de la máquina, que todos adorábamos. No importaba que pasara en la máquina (podía incluso quedar sin alimentación un fin de semana), en esta memoria quedaba el rastro perfecto de los momentos previos a la falla, que permitía diagnósticos muy rápidos y seguros.

Sin embargo, el gran problema que presentaba era su velocidad, debido no sólo al retardo propio del núcleo, sino al hecho de tener que reescribir la memoria cada vez que se leía, a causa de la característica destructiva del proceso de lectura. Este defecto las enterró, dando paso a las memorias electrónicas o semiconductoras imperantes hoy.

Finalmente, el último de los elementos que motivó este artículo fue la reimpresión de un artículo clásico de Presper Eckert², publicado en *Proceeding* de IEEE de enero de este año. El artículo, publicado originalmente en el *Proceeding* del IRE de octubre de 1953, no sólo es de gran interés debido a su autor, padre de la computación moderna, que entre muchas otras cosas diseñó el ENIAC (primer computador electrónico con tubos de vacío) y jugó parte importante en el desarrollo del BINAC y de UNIVAC, sino por sus planteamientos acerca de las memorias ferroeléctricas, tan de moda hoy.

La celda Ferroeléctrica básica

La estructura básica de la celda ferroeléctrica es la de un condensador de placas paralelas, con un dieléctrico con características ferroeléctricas. Estos dieléctricos se denominan ferroeléctricos³ por tener una respuesta similar a la de los materiales ferromagnéticos, en cuanto a la orientación del cristal, cuando se les aplica un campo eléctrico, dentro de un rango de temperatura.

Estos materiales presentan una temperatura límite, denominada Temperatura ferroeléctrica de Curie, por debajo de la cual se presenta una polarización espontánea del material, y aparecen dominios ferroeléctricos.

Ante esta polarización espontánea, los dominios adyacentes tienen diferentes direcciones, con una polarización neta nula. Al aplicar un campo eléctrico, los dominios tienden a moverse en la dirección de aquéllos orientados favorablemente, en el sentido del campo aplicado, hasta llegar a un punto de saturación en el que todo el cristal se convierte en un dominio único. Al reducir a cero el campo aplicado se encuentra que buena parte de los dominios

mantienen la orientación, quedando un nivel de polarización remanente en el material. Ahora, si variamos el sentido y la magnitud del campo aplicado, observamos que en el plano de P vs E (polarización vs. campo eléctrico) se presenta un lazo de histéresis (comportamiento biestable ante excitaciones externas) similar al de los materiales ferromagnéticos, el cual garantiza la biestabilidad necesaria para poder utilizar la polarización permanente como elemento de almacenamiento binario.

Ahora bien, al utilizar este tipo de dieléctrico en un condensador, logramos "atrapar carga", en el mo-

mento de aplicar un voltaje suficiente para generar el campo adecuado para orientar los dominios hacia una polarización remanente positiva o negativa. Esta carga, a diferencia de la almacenada en las memorias dinámicas, permanece en el condensador aun si hacemos un corto entre sus terminales, debido a las características del dieléctrico, de tal forma que para construir una celda de memoria, utilizaremos un circuito muy similar al de una memoria dinámica, DRAM, pero con la gran diferencia de que no necesitaremos de ciclos y circuitos de refresco y de que a pesar que falte la alimentación, la información no se borrará de las celdas.

Para entender su operación, podemos analizar los circuitos mostrados

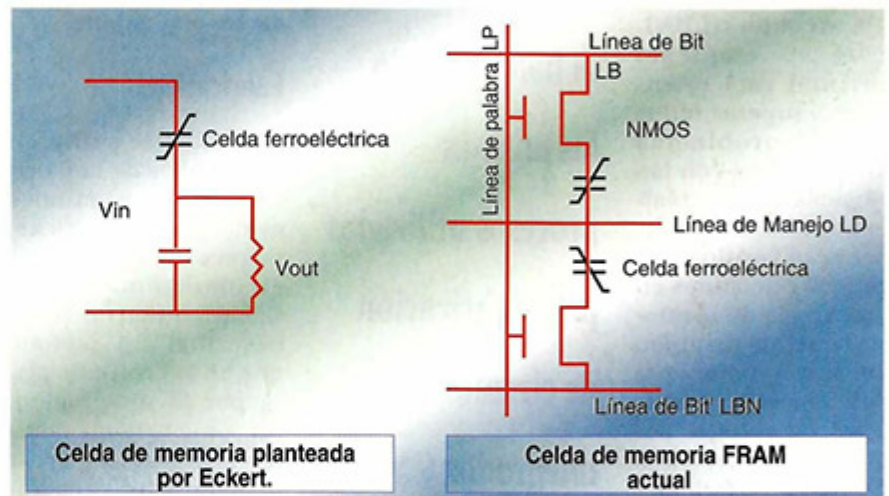


Figura.

dos en la figura. El circuito inicial propuesto por Eckert estaba basado en el simple divisor capacitivo, en el cual al aplicar un voltaje positivo en V_{in} se inducía una carga sobre la celda ferroeléctrica, equivalente a un "1". Para leerlo se debía aplicar un voltaje de polaridad contraria, de tal forma que al inducir carga en sentido contrario se produciría corriente suficiente para desarrollar un voltaje sobre la resistencia, que nos indicaría que en la celda había un "1"; y decimos que había, pues al leer la celda, su contenido cambió, almacenando un "0". Este problema de lectura destructiva fue solucionado satisfactoriamente para

los dos en la figura. El circuito inicial propuesto por Eckert estaba basado en el simple divisor capacitivo, en el cual al aplicar un voltaje positivo en V_{in} se inducía una carga sobre la celda ferroeléctrica, equivalente a un "1". Para leerlo se debía aplicar un voltaje de polaridad contraria, de tal forma que al inducir carga en sentido contrario se produciría corriente suficiente para desarrollar un voltaje sobre la resistencia, que nos indicaría que en la celda había un "1"; y decimos que había, pues al leer la celda, su contenido cambió, almacenando un "0". Este problema de lectura destructiva fue solucionado satisfactoriamente para

el caso de las memorias de núcleos, mediante la utilización de un registro temporal en el cual se almacenaba la información leída, para volverla a escribir en la memoria, inmediatamente después de terminar el ciclo de lectura, solución válida para este caso; sin embargo el retardo introducido por este ciclo adicional era uno de los mayores problemas de este tipo de memorias.

El circuito actual, mostrado también en la figura, está basado en dos celdas ferroeléctricas, organizadas de una manera diferencial respecto a la línea de bit (LB) y a la línea de bit negada (LBN). Este esquema circuital está orientado a superar todos los problemas involucrados con las capacitancias parásitas, inevitables al tener gran cantidad de celdas conectadas en un arreglo de memoria, que en resumen obligan a tener que detectar más que niveles de voltaje, pequeñas variaciones de carga, en el momento de una lectura.

Para escribir en esta celda de memoria se colocarán sobre las líneas LB y LBN, el voltaje correspondiente al nivel lógico que se desea almacenar, de tal forma que al seleccionar la palabra (con la aplicación de un "1" lógico en LO), y elevar la línea de manejo (LD) la diferencia de potencial existente entre LB (y LBN) y LD induce una carga en la celda ferroeléctrica correspondiente. Si LB presenta un "0", o se está a potencial de tierra, se inducirá una carga "negativa" en la celda ferroeléctrica superior, almacenando un "0" lógico.

Para leer la celda, se dejan flotando las líneas LB y LBN, des-

conectando los circuitos de escritura, y al seleccionar LP y elevar el voltaje en LD, teniendo estados opuestos en las dos celdas, se produce un diferencial de voltaje cuya polaridad depende del dato almacenado⁴. El condensador que cambia su polaridad en este proceso es el que genera el mayor nivel de voltaje sobre la línea de bit correspondiente. Finalizada esta fase se activan los circuitos sobre las líneas de bit, y colocando un nivel alto sobre la línea de bit que logró el mayor nivel de voltaje, de tal forma que al caer la LD se restaura la carga inicial, "reescribiéndose la memoria", con un proceso eficiente y rápido.

Fabricación

Antes de entrar en los detalles de la fabricación de las actuales celdas ferroeléctricas, merece la pena retomar el planteamiento de Eckert, quien en 1952, describió un método que en lo profundo grita por la integración, tal como la conocemos hoy. Se trata de crear un sánduche, utilizando líneas de material conductor, conformando las placas de los condensadores, separadas por una capa de titanato de bario; las líneas metálicas, al estar colocadas perpendicularmente, generan una estructura matricial que permite la selección de cada uno de los bit almacenados.

En la fabricación de las modernas memorias FRAM se han utilizado, hasta el momento, los mismos procesos utilizados para fabricación de circuitos integrados CMOS.

En relación con las características de las FRAM actuales, la más moderna de las analizadas (5) reporta una fabricación hecha usando tecnología CMOS de 1 micra, con una sola línea de interconexión me-

tálica en aluminio; el material ferroeléctrico utilizado es Sr Bi₂ Ta₂ O₉. Desde el punto de vista de su desempeño se han obtenido tiempos de ciclo de 100 ns (lectura y reescritura), con V_{dd} (voltaje de alimentación) de 3.3V, lo cual las coloca en condiciones muy ventajosas para competir con las memorias tipo DRAM, en aplicaciones tales como memoria principal y, dada su característica de no volatilidad en equipos portátiles, tan en boga en nuestros días. En los reportes analizados se habla de retención de la información en este tipo de memoria, altamente inmune a interferencias externas, del orden de 10 años.

Antonio García Rozo

Profesor Titular,
Facultad de Ingeniería Eléctrica,
Universidad de los Andes,
Santafé de Bogotá, Colombia

Bibliografía

1. Geppert, Linda "Solid State Technology 1997, Analysis & Forecast" IEEE Spectrum, Enero de 1977.
2. Eckert, Presper Jr. "A survey of Digital Computer Memory Systems" Proceeding of the IEEE, vol 85 No 1, Enero de 1977
3. Wernick, J.H. "Origin of the Material Properties" Physical Design of Electronic Systems", Bell Telephone Laboratories, Vol II, Material Technology, Prentice Hall, 1970.
4. Evans, Joseph & Womank, Richard "An Experimental 512-bit Nonvolatile Memory with Ferroelectric Storage Cell" IEEE Journal of Solid State Circuit Vol. 23 No. 5, Octubre de 1988.
5. Koike, Hiroki et al. "A 60 ns/1mb Nonvolatile Ferroelectric Memory With A Nondriven Cell Plate Line Write/Read Scheme". IEEE Journal of Solid State Circuit Vol. 31 No. 11, Noviembre de 1996.

50% VERDE

SOLUCIONES CREATIVAS

ASI ES
—
CIUDAD
—
SALITRE

VIGILADO
DEPENDENCIA
FIDUCIARIA

50% ROSA



CIUDAD
SALITRE
Un ejemplo a seguir

Ciudad Salitre Es Otra Ciudad.
Lo Invitamos A Conocer Nuestros Nuevos Proyectos.
INFORMES: TIENDA INMOBILIARIA 295 3300 - 412 4707



Fiduciaria
CENTRAL
S.A.
Filial B.C.H.
Pensando en grande

Las fotografías de la Maqueta son de carácter informativo.

Fuente: Inmobiliaria B.C.H.

TECNOLOGÍA

Los conductores van más rápido de lo que creen

Los conductores de automóvil, durante sus recorridos cotidianos, de vez en cuando observan el velocímetro para saber a qué velocidad se desplazan. No obstante, durante la mayor parte del tiempo, la estimación y producción de la velocidad obedece a cálculos subjetivos.

¿Qué tan confiables son esos cálculos? Los investigadores Miguel A. Recarte, de la Universidad Complutense de Madrid, y Luis M. Nunes, de la Dirección General de Tráfico de España, publicaron un informe de dos experimentos al respecto en el *Journal of Experimental Psychology: Applied*, de la Asociación Psicológica Americana.

La gran conclusión coincide con otros experimentos similares: los conductores tienden a subestimar la velocidad. Recarte y Nunes pusieron a prueba a 60 conductores de ambos sexos y con diferente experiencia de manejo. En el primer experimento, los conductores viajaban como pasajeros y se les preguntaba a qué velocidad rodaba el carro (estimación pasiva). En el segundo, se les pidió que aceleraran hasta llegar a una determinada

velocidad (estimación activa). Aunque hubo algunas diferencias, en ambos experimentos hubo subestimación.

Las implicaciones de este hallazgo son notables, más si se tiene en cuenta que los investigadores españoles detectaron que la subestimación era mayor en velocidades altas. Este fenómeno perceptivo puede explicar, en parte, diversos problemas del tráfico de vehículos, como accidentes e infracciones por exceso de velocidad.

Los autores del informe nos ofrecen algunas recomendaciones para compensar la subestimación: informar a los conductores sobre este hallazgo para que examinen con más frecuencia el velocímetro. Así mismo, las escuelas de conducción y tránsito deben medir la estimación subjetiva de la velocidad de cada aprendiz y prevenir accidentes. Finalmente, es necesario que la industria automotriz diseñe indicadores de velocidad más notables. Mayores detalles de la investigación pueden obtenerse en la siguiente dirección: psbas05@sis.ucm.es.

¿Motores de cemento?

La idea parece absurda, pero a esto esperan llegar los investigadores que trabajan en el Laboratorio Nacional de los Álamos, Estados Unidos, donde han desarrollado un proceso que promete transformar mezclas de cemento en materiales más livianos y más fuertes. Los cementos que están experimentando competirán con el metal, el plástico y la madera, en todo tipo de aplicaciones. El éxito de estas mezclas de cemento consiste en la adición de un baño de dióxido de carbono (CO₂), no en forma de gas sino como "CO₂ supercrítico".

Este compuesto se obtiene bajo altas presiones y tiene la particularidad de poseer propiedades líquidas y gaseosas. El CO₂ líquido penetra a las pequeñas cavidades y disuelve moléculas de agua, que "curan" el cemento y lo endurecen inmediatamente.

Una ventaja adicional de estos cementos es que tienen beneficios para el medio ambiente. Al penetrar el dióxido de carbono, al cemento reduce su concentración en el ambiente y disminuye la amenaza del calentamiento global por el efecto de invernadero.

Tomado de *Business Week* febrero 17 de 1997.

Las Páginas Amarillas
de Publicar y de Combiser
Quieren que Usted les invierta
todo su presupuesto publicitario.

Dígales que sí, pero figure únicamente
con su nombre, dirección y teléfonos
y por otra parte

INVIERTA SU PRESUPUESTO PUBLICITARIO
en las Revistas y Directorios Especializados
que llegan directamente a sus
mercados objetivos.

**PIENSELO BIEN Y VERA QUE NO
ESTAMOS EQUIVOCADOS**

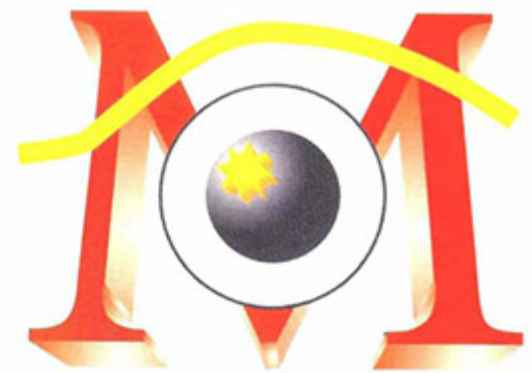


**DIRECTORIO NACIONAL
DE COMPUTADORES
USUARIOS Y AFINES**

Calle 100 No. 18 - 36 Of. 301
Telefono: 2960390
Santafé de Bogotá

Museo itinerante
de ciencia y tecnología
diseñado para recorrer
instituciones y lugares
donde haya público
deseoso de aprender
y divertirse

Informes: MALOKA Tels.: 427 02 27 - 427 02 39



MIRA

MUSEO ITINERANTE DE LA RECREACION Y EL APRENDIZAJE



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



89.9 F.M. ESTEREO

Una emisora para la inmensa minoría

Oficinas: Carrera 12 N° 82-23 • Teléfonos: 236 38 40 - 236 39 96 - 616 02 35
Fax: 257 0595 - 236 88 61 • Bogotá D.C.

ASTRONOMÍA

Europa muestra señales de vida

¿No ha muerto Europa? Según reporta la revista *Science* (Vol 276, 1997), los astrofísicos que estudian a Europa, luna de Júpiter, creen que el hecho de no encontrar impactos de asteroides o cometas en su superficie podría indicar que ésta tiene aún vida.

Mediante fotos obtenidas por la nave espacial Galileo, los científicos han encontrado que Europa tiene considerablemente menos cráteres que los imaginados.



El hecho de que existan regiones con pocos cráteres y otras con numerosos impactos hace pensar que en la actualidad se estén presentando procesos geológicos de renovación.

El calor necesario para estos procesos puede provenir, bien de la atracción gravitacional entre Júpiter y Europa, o

bien del océano primordial en el interior de la última. Este océano puede estar moviéndose bajo el hielo que cubre la superficie de Europa, aumentando la posibilidad de vida bajo la capa helada. Sin embargo, científicos escépticos, como Robert Pappalardo, de la Universidad de Brown, creen que si existiera un océano global bajo el hielo, el rejuvenecimiento sería también global. Consideran que la renovación observada puede deberse a la existencia de una capa de hielo sólido (de unos 100 kilómetros de grosor), con el calor suficiente para alterar la superficie de la luna de Júpiter. No será fácil dilucidar cuál de los dos fenómenos es el que está ocurriendo.

NEUROLOGÍA

La intuición es clave en la toma de decisiones

Nuestra vida cotidiana involucra una serie de decisiones, algunas con mayores consecuencias que otras. Lo que normalmente han creído los psicólogos es que este proceso permite ventajas sólo si se hace racional y conscientemente.

No obstante, un equipo de expertos en neurocognición, de la Universidad de Iowa, liderado por la pareja formada por Hanna y Antonio Damasio, ha objetado la suposición de que la conciencia y la racionalidad definen las buenas decisiones. En la revista *Science* del 28 de febrero pasado, publicaron un estudio experimental al respecto.

Además de comprobar la importancia de las intuiciones o «corazonadas», los Damasio, asociados con Antoine Bechara y Daniel Tranel, identificaron una estructura cerebral que

forma parte de la toma intuitiva de decisiones: la corteza prefrontal, ventromedial.

Los investigadores compararon el desempeño de dos grupos de sujetos en un juego de cartas con alto nivel de incertidumbre. Uno de los grupos estaba conformado por personas con daño focal en el área mencionada; el otro grupo era neurológicamente normal. Para obtener una medición de la intuición, registraron los cambios en la conductancia de la piel, definida como señal emocional no conciente.

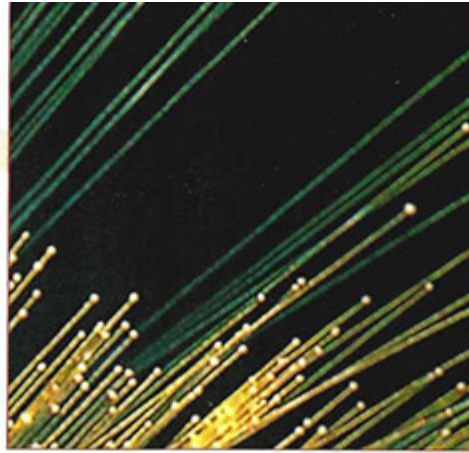
Después de jugar, en 100 oportunidades, los sujetos neurológicamente normales cometieron bastantes errores al comienzo y mostraron un mejor desempeño en las jugadas finales, con un alto grado de intuición (jugaban bien pero no sabían decir por qué). El grupo de

pacientes neurológicamente anormales, en cambio, no generó respuestas autónomas ni tuvo un buen desempeño en el juego.

Antonio Damasio explicó a Gretche Vogel, en una nota aparecida en la mencionada publicación, que la corteza prefrontal ventromedial es parte de un sistema que almacena información sobre recompensas y castigos sucedidos en el pasado; éste sistema dispara las respuestas emocionales no concientes que las personas normales reportan como «corazonadas». En últimas, la toma intuitiva de decisiones es un proceso inconciente que toma en cuenta elecciones que han sido reforzadas o castigadas en situaciones previas similares.

TECNOLOGÍA

La revolución de las comunicaciones



La actual revolución telemática, que ha permitido la optimización de las comunicaciones del mundo entero a través de Internet, en buena parte descansa en un hilo de vidrio más delgado que un cabello humano: la fibra óptica, que transmite grandes cantidades de información en forma de rayos láser.

La historia y las implicaciones para la vida moderna de la tecnología de la fibra óptica, unida a los rayos láser, fueron presentados en el número de diciembre de *Beyond Discovery*, publicación de divulgación científica y tecnológica de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos. Gracias a la misma revolución, este número puede consultarse en <http://www2.nas.edu/bsl>.

Tanto la fibra óptica como el láser se han desarrollado durante el presente siglo, con orígenes que van del establecimiento de la física cuántica por Max Planck en 1900 y la explicación del fenómeno fotoeléctrico por Albert Einstein en

1905, hasta la instalación de largos cables de fibra óptica a través del Atlántico (1988) y el Pacífico (1996). Para este año se espera que la fibra óptica dé la vuelta al mundo entero.

El fenómeno de Internet, desde el punto de vista tecnológico, se basa en dos desarrollos: el incremento en la velocidad de los computadores, y en la alianza fibra óptica-láser, que incrementó dramáticamente la capacidad del sistema telefónico internacional. Por ello, con la línea transatlántica instalada en 1988, comenzó la era de la llamada "Superautopista de información".

Para hacernos a una idea de la capacidad de transmisión de la fibra óptica, imaginemos un cable de 2 cm de grosor; éste permitiría 80.000 llamadas al mismo tiempo. Y esto es apenas el estado actual de la tecnología, cuya investigación de base continúa para lograr una mayor capacidad.

MEDICINA

Proteína transgénica

Los mismos investigadores que clonaron a Dolly, la célebre oveja, están utilizando la ingeniería genética una vez más para producir la proteína calcitonina. Esta proteína se utiliza para reducir el desgaste óseo que sufren la mayoría de las mujeres al entrar a la tercera edad.

Los científicos de PPL Therapeutics, en Escocia, seleccionaron el gen que codifica la calcitonina en el salmón y se lo transfirieron a Babe, una coneja de laboratorio; luego de sólo 28 semanas detectaron calcitonina en la leche de la coneja. La ventaja de la calcitonina está en que, y a diferencia de muchas proteínas transgénicas que requieren procesamiento, se puede administrar directamente a los pacientes.

Bussiness Week, abril 14 de 1997.

OPTOMETRÍA

Un respiro para los usuarios de lentes de contacto

El Centro para la Investigación Cooperativa, de la Universidad de South Wales, con el apoyo de Ciba Vision Corporation de Estados Unidos, descubrió una sustancia polimérica que es cinco veces más permeable al oxígeno que la empleada en los lentes que se

consiguen actualmente en el mercado. Estos nuevos lentes plásticos tiene una gran ventaja: no sólo pueden usarse durante casi un mes, sino que evitan las infecciones bacterianas debido a que bañan los ojos con oxígeno, aun durante el período de sueño.

Abejas africanizadas: ¿Para quiénes representan un mayor peligro?

La respuesta normal de defensa y ataque de la abeja es la picadura. Este insecto introduce su aguijón en el intruso y le proporciona una cierta dosis de veneno cuya sustancia básica es la fosfolipasa.

Trasplante de tejidos animales: tecnología en desarrollo

La última oportunidad para muchas personas con alguna afección orgánica irreversible es el trasplante de órganos provenientes de algún donante voluntario. Sin embargo, la demanda de órganos, en estos casos, supera ampliamente al número de donantes. Ante tal situación, se está desarrollando en Inglaterra una alternativa: el trasplante de tejidos animales en humanos.

Esta tecnología médica se encuentra en fase de investigación y aún no se ha probado en personas que requieren trasplante, como lo indica Nigel Williams, autor de una nota sobre este tema, publicada en la revista *Science*, vol 275, 1997.

"Xenotrasplante" (*Xenotransplantation*) será una palabra común en el léxico de los médicos y del público, una vez se hayan hecho las pruebas suficientes que garanticen, entre otras cosas, que el tejido tras-

plantado no contagie al paciente de enfermedades animales. Ya el gobierno británico conformó un comité de asesoría y vigilancia.

Los primeros animales que están siendo estudiados para xenotrasplante son los cerdos. Aunque el comité gubernamental no ha dado luz verde para el tratamiento médico, varios investigadores ingleses continúan las pruebas de laboratorio, incluyendo la reproducción de cerdos genéticamente modificados y su posterior uso en xenotrasplantes.

En un tiempo no muy lejano, cuando los riesgos estén bajo control, muchas vidas podrán salvarse gracias a esta nueva tecnología médica, regulada por los respectivos comités de bioética.

Error en experimento da lugar a descubrimiento importante

En 1995, un investigador del Departamento de Virología de la Universidad de Maryland inyectó ratones de ambos sexos con células del sarcoma de Kaposi, un cáncer asociado con el SIDA, con el fin de estudiar si los roedores tenían algún mecanismo de protección contra estas células.

El científico cometió el error de no separar los machos de las hembras y, en consecuencia, éstas quedaron embarazadas. Inicialmente, el investigador pensó que el cambio hormonal ocasionado por el embarazo iba a alterar el experimento. Por el contrario, para sorpresa suya, las hembras mostraron resistencia a desarrollar el sarcoma de Kaposi. Estudios posteriores han identificado un tipo de moléculas que protege contra el virus del SIDA. Se les ha llamado HAF, y son hormonas que aparecen en la primera etapa del embarazo. El Instituto de Virología Humana de Baltimore está trabajando en la identificación de estas hormonas, debido al enorme potencial que tiene este descubrimiento en el tratamiento del SIDA, y porque estas moléculas tienen la ventaja de promover el crecimiento de la médula ósea.

Cuando una persona tropieza con una colonia, su vida entrará en peligro si recibe cerca de mil aguijonazos. Pero el riesgo será mucho mayor si las abejas en cuestión son africanizadas (*Apis mellifera adansonii*), pues su veneno se caracteriza por una mayor concentración de fosfolipasa; además, la conducta de estos insectos suele ser más agresiva ante la invasión.

La sensibilidad al veneno puede variar mucho de una persona a otra. Estudios de pacientes con historia de picadura de abejas muestran que la severidad de

la reacción anafiláctica recurrente está relacionada con la edad y el peso de la persona. En un hospital de Suiza, por ejemplo, se informó que en el período 1978-1987, las tres cuartas partes de las personas que murieron por esta causa eran hombres de 60 años de edad, en promedio.

Con el fin de establecer exactamente el tipo de población más propensa y la dosis letal promedio, los investigadores brasileños M. A. Manfredi-Brandeburgo y M. M. Azevedo-Marques, de las universidades Federal de Uberlandia y São

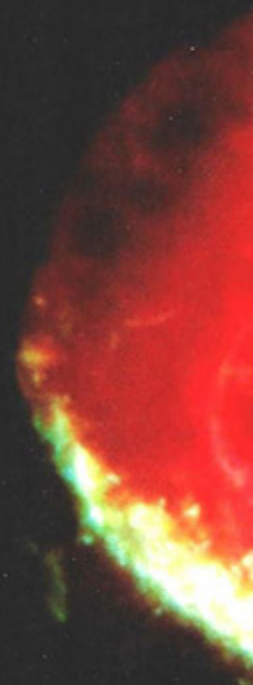
Paulo, hicieron un estudio con ratas, publicado en el número de enero-febrero 1997 de *Interciencia*.

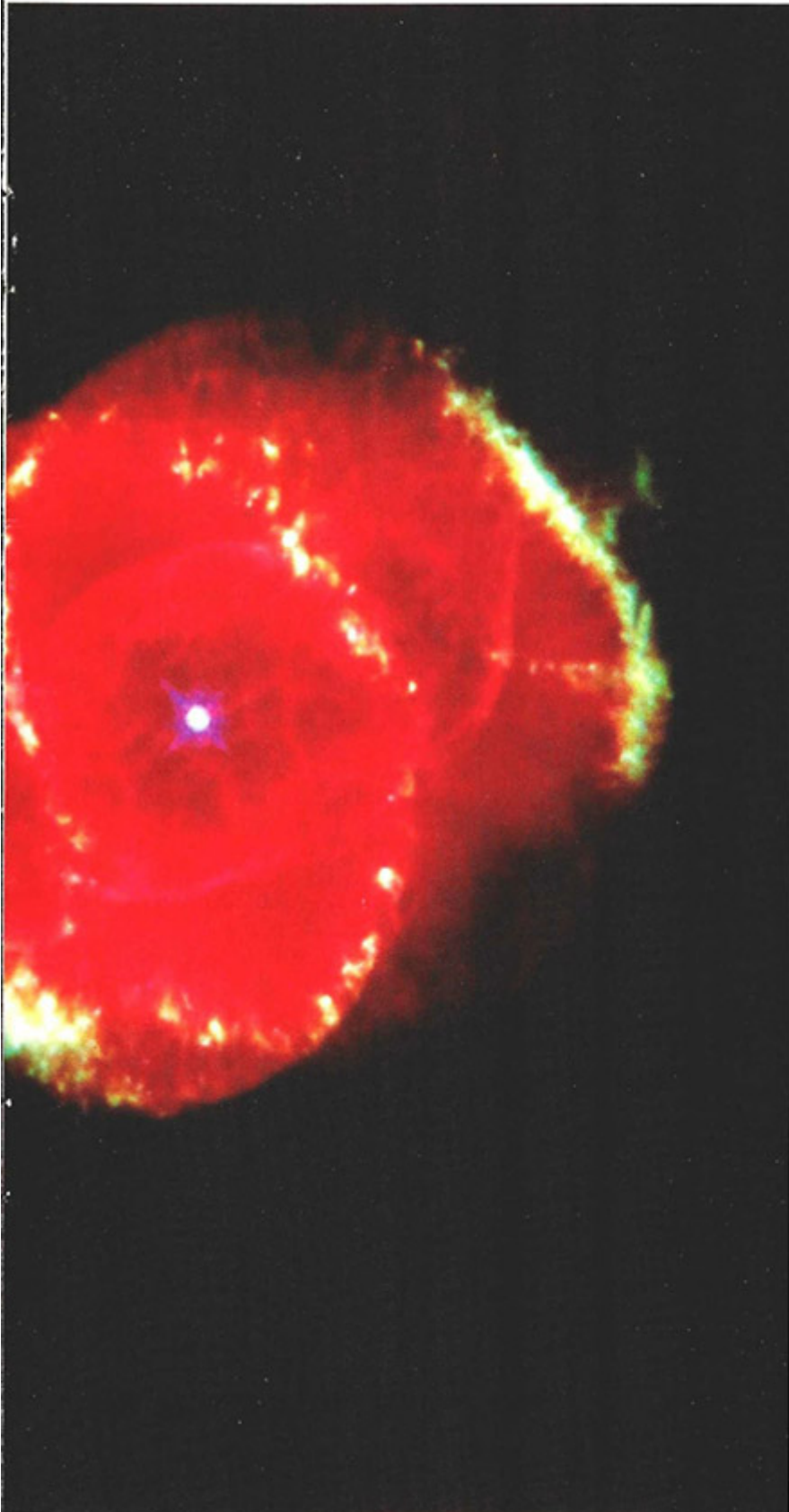
Manfredi-Brandeburgo y Azevedo-Marques encontraron que la dosis letal promedio para toda la población estudiada es de 2,5 miligramos por kilogramo de peso. Por otra parte, los brasileños no encontraron una relación lineal entre peso y dosis letal; es decir, que un gran peso no es garantía de una mayor tolerancia. Sin embargo, la edad sí fue un factor de riesgo, lo cual confirma los datos clínicos mencionados.

Exploración espacial: del sistema solar al universo

Sergio Torres Arzayúz
Observatorio Astronómico,
Universidad Nacional de Colombia,
y Centro Internacional de Física,
Santafé de Bogotá, Colombia.
e-mail: storres@earthlink.net

 *Nebulosa
NGC 6543*





Si contamos el número de descubrimientos realizados en los últimos años dentro de las diversas disciplinas de la ciencia, encontraríamos que la astronomía es una de las más activas. Desde 1992, cuando se descubrieron las estructuras más antiguas del universo a través del experimento COBE de la NASA, los astrónomos y los astrofísicos no han tenido descanso: agujeros negros observados por el telescopio espacial Hubble, sistemas planetarios como el nuestro descubiertos en otras estrellas, explosiones de rayos gama de alta energía, cuásares en el núcleo de galaxias, objetos masivos que generan pequeñas lentes gravitacionales, posibilidades de vida en Marte, mediciones *in situ* de la atmósfera joviana, y muchos otros hallazgos extraordinarios. El estado de actividad de la astronomía y la astrofísica se debe en gran parte a la disponibilidad de nuevos instrumentos y tecnologías a bordo de plataformas espaciales. No es posible cubrir aquí de manera completa la gran cantidad de proyectos espaciales actuales y planeados para el futuro: sin embargo, haremos una revisión de algunos proyectos específicos que han permitido dar grandes pasos en la resolución de problemas fundamentales sobre el origen del sistema planetario, de la vida, de las galaxias y del universo.

Marte

La noticia sobre la detección de vestigios de vida en el meteorito ALH84001, de origen marciano, produjo un gran impacto en el futuro de las ciencias planetarias, no sólo por su valor intrínseco sino también por la inyección de *momentum* que le dio al programa de exploraciones planetarias futuras. En esta época de austeridad y de fuertes amenazas a los presupuestos de investigación científica, un interés renovado por estos temas es necesario y bienvenido.

Marte es, sin duda, el planeta que será explorado con más frecuencia en viajes futuros. El Global Surveyor de la NASA, lanzado el 7 de noviembre de 1995, es un laboratorio para la investigación de la geología y el clima marcianos. Una segunda misión de la NASA, el Mars Pathfinder, que ha colocado un vehículo en la superficie de Marte y que actualmente estudia el ambiente marciano.

En los planes originales se contaba con un satélite ruso para complementar las observaciones de las dos naves de la NASA. Desafortunadamente, la misión rusa Marte 96 se perdió, debido a la explosión del cohete en el momento



Marte

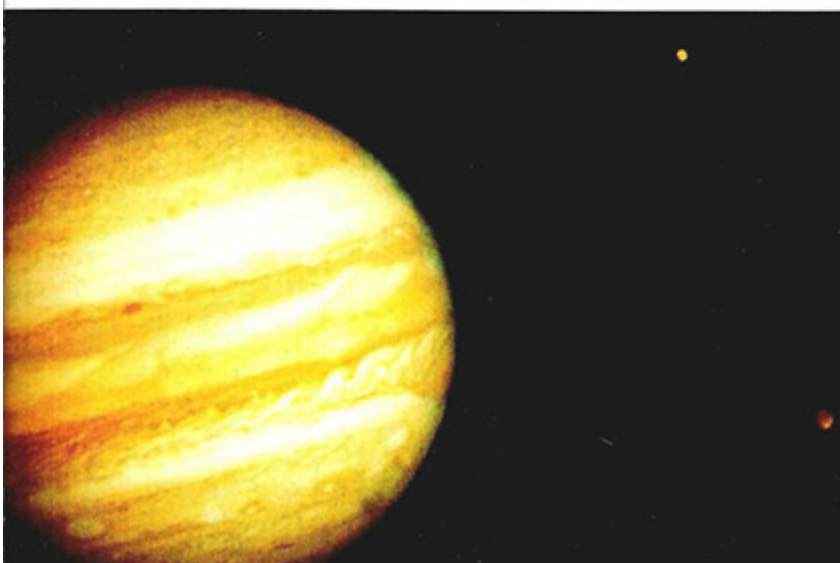
de ser lanzado al espacio, el pasado 17 de noviembre. Ésta es una pérdida de graves consecuencias para el programa espacial ruso, que ya venía experimentado una aguda crisis financiera.

La NASA está planeando otra visita al planeta rojo en 1998, a través del Global Surveyor 2, para continuar el estudio del clima, el agua y la atmósfera marcianas. Japón, por su lado, también quiere subirse al tren que va hacia Marte, con el proyecto 'Planet B', que será lanzado en 1998, con instrumentos adecuados para el estudio de la interacción del viento solar con la atmósfera de Marte. En el 2001 y el 2003 saldrán otras dos naves espaciales hacia Marte, cuya meta es recoger material de la superficie marciana y traerlo a la Tierra para su detallado análisis.

Júpiter

La nave espacial Galileo continúa su exitosa campaña de observación de Júpiter y sus lunas. En su encuentro reciente con la luna Europa, recogió evidencia a favor de la existencia de capas de hielo. Este descubrimiento sitúa este satélite como un lugar potencial para

Júpiter y dos de sus lunas: Ganimedes y Europa.



la formación de vida. La imagen de Europa obtenida por Galileo, tomada a una distancia de 690 kilómetros, revela una exótica topografía, con regiones llenas de grietas y zonas completamente alisadas por procesos desconocidos. Para 1997, Galileo cumplirá un encuentro con la luna Ganimedes, en febrero, y otros dos con Europa, en abril y en mayo.

Saturno

En octubre de 1997, una nave espacial robótica, del tamaño de una casa de dos pisos, será lanzada al espacio hacia el planeta Saturno. Además de su interesante atmósfera interior, este planeta cuenta con un espectacular sistema de cuatro anillos, varios satélites de hielo, una inmensa magnetosfera plena de partículas que interactúan con sus anillos y sus lunas, y con la extraña luna Titán, un poco más grande que el planeta Mercurio y con una atmósfera más densa que la de la Tierra. Cassini es un proyecto conjunto de la NASA, la Agencia Espacial Europea y la Agencia Espacial Italiana. Gracias a los 27 instrumentos a bordo del orbitador y a la sonda Huygens, se estudiarán detalladamente las condiciones ambientales del planeta Saturno y de su luna Titán. Esta misión ha recibido el nombre de Cassini para honrar al astrónomo franco-italiano del siglo XVII Jean Dominique Cassini, quien descubrió el intervalo entre los anillos principales de Saturno, además de las lunas Iapetus, Rhea, Dione y Tethys. De igual manera, la sonda que visitará a Titán fue bautizada con el nombre de Huygens en honor del científico holandés Christian Huygens, quien descubrió Titán en 1655.

Titán tiene una atmósfera compuesta primordialmente por nitrógeno, metano y un sistema complejo de moléculas basadas en carbón. El ambiente es bastante frío, y es probable que existan lagos extensos de etano líquido, y metano y amoníaco congelados. La radiación ultravioleta de alta energía que bombardea la atmósfera de Titán cataliza la producción de moléculas orgánicas, en un proceso similar al que ocurrió en la Tierra, pero en Titán el clima es tan frío que no permite el surgimiento de formas de vida. Las observaciones de Cassini, que llegarán a la Tierra desde el 2004 hasta el 2008, son de gran importancia para resolver preguntas fundamentales sobre el origen del sistema solar y de la vida. Entre las tareas científicas más importantes de esta misión planetaria están: determinar la abundancia de gases en la atmósfera; establecer la fracción de isótopos para los ele-

mentos más abundantes; recoger información que permita entender cómo se formaron Saturno, Titán y sus atmósferas; medir la velocidad y los patrones de los vientos en el planeta; estudiar la nubosidad, la estructura interna del planeta y la rotación de las capas más profundas de la atmósfera; entender las variaciones entre el día y la noche de la ionosfera de Saturno y determinar el grado de interacción con el campo magnético; e investigar las fuentes y las características de la actividad eléctrica en Saturno y la relación con las emisiones de radio de este planeta.

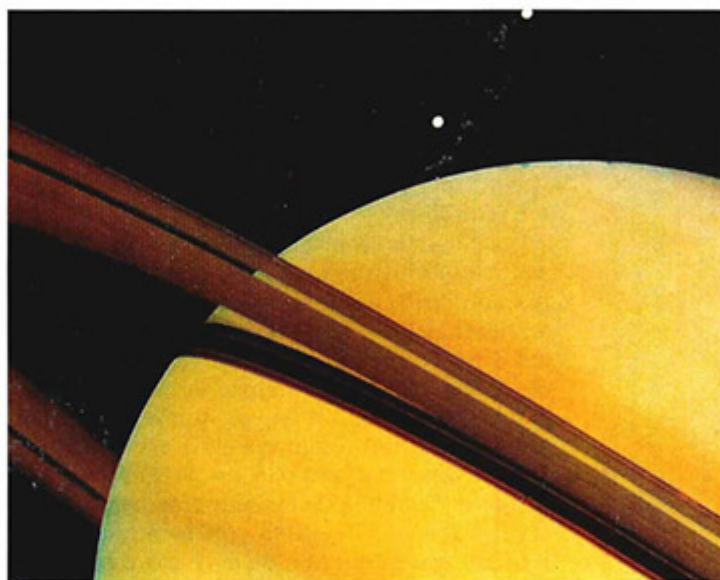
Agujeros negros

Definitivamente, el proyecto más espectacular de la década de los 90 es el telescopio espacial Hubble. Desde el momento en el que los astronautas lograron arreglar los problemas de enfoque, en diciembre de 1993, el Hubble ha logrado observaciones asombrosas del sistema solar y del resto del cosmos. Los hallazgos de esta exitosa misión espacial son tan numerosos que no pueden ser cubiertos en este artículo, pero basta con mencionar los más recientes descubrimientos para mostrar los avances que el Hubble ha permitido lograr en la astronomía y en la astrofísica.

El telescopio espacial Hubble, proyecto conjunto de la NASA y la Agencia Espacial Europea, toma su nombre del astrónomo americano Edwing Hubble, quien descubrió en 1929 la ley de expansión del universo. Lanzado en una órbita de 600 kilómetros por el transbordador Discovery el 25 de abril de 1990, el Hubble ha realizado más descubrimientos que cualquier otro proyecto espacial dedicado a la astronomía. En 1996, hizo importantes observaciones para el entendimiento de la dinámica y la formación de galaxias. Las cámaras que lleva a bordo observaron, por primera vez, varios cuásares en el núcleo de galaxias, tanto espirales como elípticas; además sus sofisticados equipos detectaron agujeros negros en el centro de varias galaxias.

Si hace algún tiempo la existencia de agujeros negros no era más que una hipótesis carente de sustento experimental, el problema es explicar por qué existen tantos agujeros negros en el cosmos. Su formación puede ser entendida gracias a la teoría general de la

relatividad, de Einstein, según la cual un cuerpo de gran masa hace curvar el espacio a su alrededor, de tal forma que ni siquiera los rayos de luz pueden escapar a su inmensa atracción gravitacional. El anuncio del descubrimiento de varios agujeros negros en galaxias normales, por el telescopio Hubble, demuestra que casi todas las galaxias podrían albergar estos objetos masivos que en alguna época fueron fuentes de energía de los cuásares, pero que ahora están inactivos. Esta hipótesis se basa en el registro de 27 galaxias vecinas, llevado a cabo por el Hubble y por



Saturno.

telescopios en Hawaii, a los que se hizo un estudio espectroscópico y fotométrico con el fin de encontrar agujeros negros que hayan consumido la masa de millones de estrellas como el Sol.

Con seguridad estos hallazgos serán de gran ayuda en el estudio de la formación y evolución de las galaxias, y también servirán para hacer más claro el papel de los cuásares en la evolución galáctica. Los agujeros negros, por definición, no emiten luz y, por lo tanto, no son observables directamente (excepto si es válida la hipótesis del científico Stephen Hawking de emisión por "evaporación" de agujeros negros, debido a efectos cuánticos en el vacío adyacente a su frontera). El estudio de estos objetos se ha realizado a través de la observación de sus efectos en la materia vecina. Por ejemplo, en el núcleo de algunas galaxias se han medido estrellas y flujos de materia con velocidades de rotación que exceden lo esperado por las leyes de gravedad de la mecánica newtoniana. Por el radio de rotación y la magnitud de estos movimientos, se infiere la

Los agujeros negros son tan comunes que casi todas las galaxias albergan uno en su núcleo.

existencia de agujeros negros que proveen suficiente fuerza gravitacional como para permitir estos hallazgos.

Dos de los agujeros negros detectados por el telescopio Hubble, en el núcleo de las galaxias NGC3379 y NGC3377, tienen una masa de 50 y 100 millones de masas solares respectivamente. Estas galaxias aparecen en la región del Leo Spur, un grupo a 32 millones de años luz de distancia, en la dirección del cúmulo de Virgo. La galaxia NGC4486B, también en la dirección de Virgo, posee un agujero negro de 500 millones de masas solares: ésta es una galaxia satélite de M87, otra galaxia con un núcleo activo que posee un agujero negro de 2.000 millones de masas solares.

De las detecciones de agujeros negros realizadas por el Hubble, se desprenden las siguientes conclusiones acerca de su naturaleza: los agujeros negros son tan comunes que casi todas las galaxias albergan uno en su núcleo; la masa de un agujero negro es proporcional a la de la galaxia que lo alberga, lo que sugiere que el crecimiento del agujero negro está ligado a la formación de la galaxia en la cual reside; el número y la masa de los agujeros negros encontrados son consistentes con lo requerido para suministrar la energía de los cuásares. Algunos de los agujeros negros vistos por el Hubble pueden ser 'fósiles' de cuásares y al parecer la

Telescopio
Hubble.

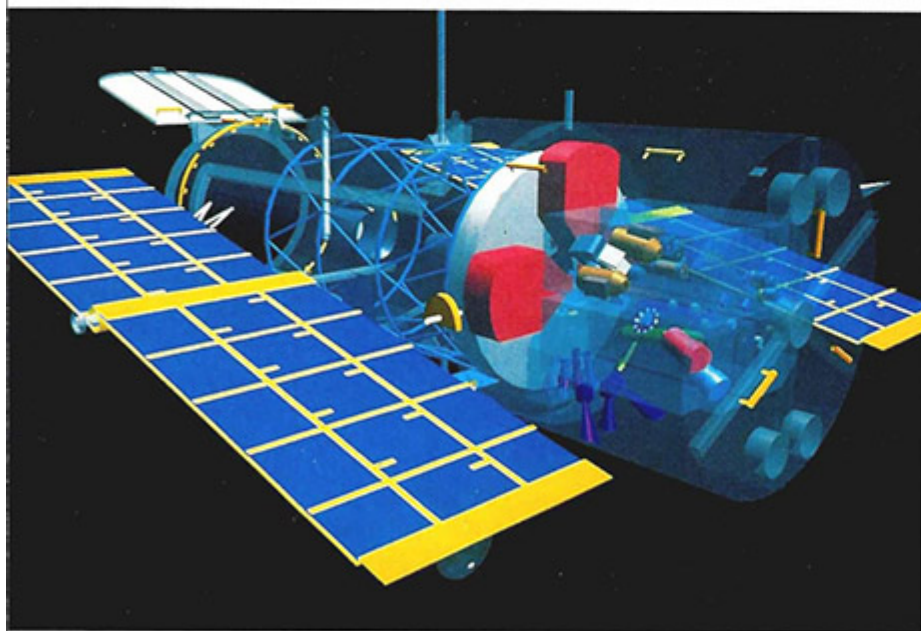
mayoría de las galaxias brillaron en una época como cuásares. Estas conclusiones concuerdan con observaciones previas del Hubble que detectaron la presencia de cuásares en cualquier tipo de galaxia, sin importar su estado de 'actividad'.

Aunque previamente se habían detectado agujeros negros en galaxias con masas mayores que las de nuestra Vía Láctea, estos resultados sugieren que las galaxias de menor masa también tienen agujeros negros, aunque, obviamente, de menor masa. Permanece la pregunta sobre por qué es tan grande la cantidad de agujeros negros. Una idea apoyada por estas observaciones es que las galaxias se formaron a partir de bloques más pequeños, consistentes en cúmulos globulares. Un agujero negro ha podido estar presente en esta protogalaxia. El mayor número de cúmulos globulares requerido para formar una galaxia de grandes dimensiones vendría naturalmente acompañado de un gran número de agujeros negros 'semilla' que podrían colapsar en un agujero negro masivo, en el núcleo de la galaxia. Un modelo alternativo es que las galaxias se originan con un agujero negro modesto, en alguna época temprana, que consume cierta cantidad del gas liberado por las estrellas en su proceso normal de evolución. Si esta cantidad es del orden de 1 por ciento, los agujeros negros podrían fácilmente acumular las masas que se observan hoy y, naturalmente, se podría explicar la luminosidad de las galaxias. La alta resolución del Hubble permitió a los investigadores seguir las trayectorias individuales de estrellas en torno al núcleo de las galaxias, con lo que se pudo inferir que se encuentra una gran cantidad de masa en el núcleo de las galaxias para poder producir el campo gravitacional que acelera a estas estrellas.

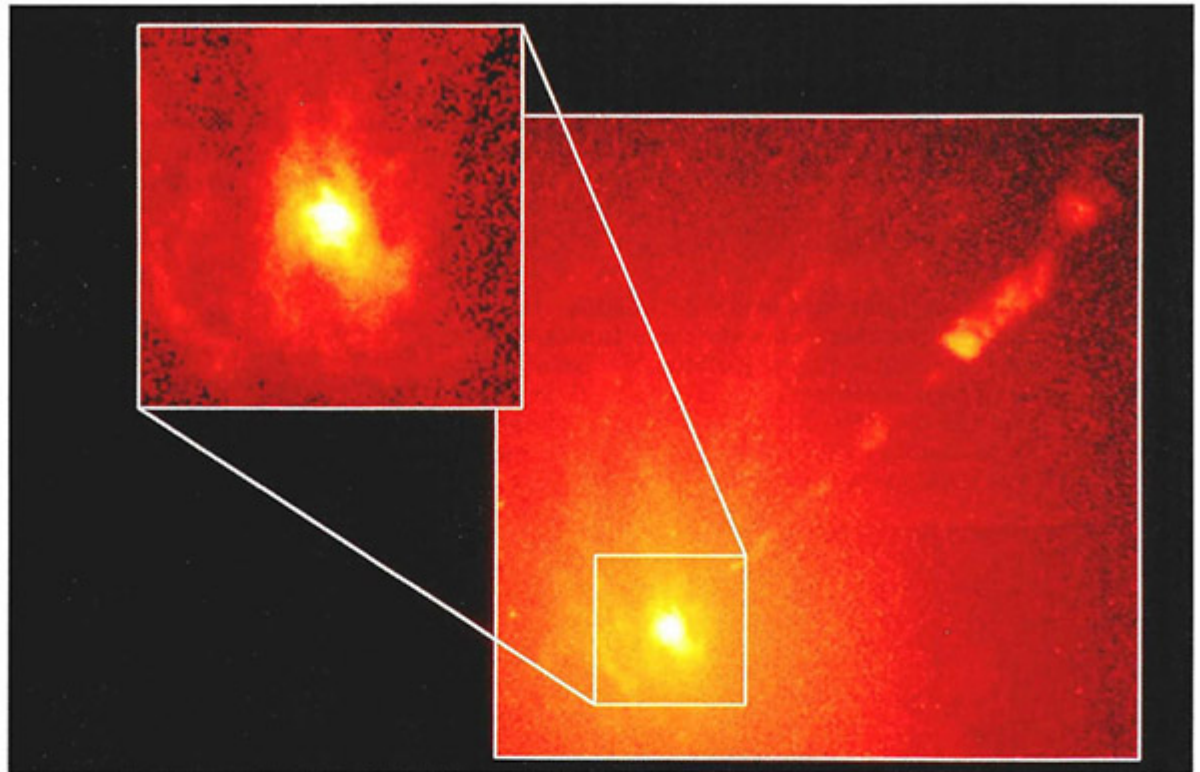
Cuásares

Aún no sabemos cuál es el mecanismo que provee la energía de los cuásares, los objetos más potentes del cosmos, pero recientes observaciones al parecer permitirán esclarecerlo. John Bahcall, del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, lideró el equipo que realizó estas observaciones usando el telescopio espacial Hubble. Bahcall y su grupo encontraron cuásares inclusive en el centro de galaxias en colisión, lo cual favorece la hipótesis según la cual las colisiones entre galaxias generarían una gran cantidad de material, suficiente para ser absorbido por agujeros negros y así generar la energía de los cuásares.

Descubiertos sólo hace 34 años, los



Galaxia M87 con un agujero negro en su interior.



cuásares son misteriosos objetos de tamaño relativamente pequeño que emiten una prodigiosa cantidad de energía. No son más grandes que nuestro sistema solar, pero emiten entre 100 y 1.000 veces más energía que una galaxia con 100.000 millones de estrellas. Aún no se sabe con certeza cuál es el mecanismo que produce la energía de los cuásares, pero se presume que se debe a agujeros negros que absorben toda la materia que encuentran en su vecindad (gas, polvo, y estrellas) y que, al ser acelerada violentamente, emite grandes cantidades de radiación.

La existencia de los cuásares fue elucidada por primera vez cuando los astrónomos Allan Sandage y Tomas Matthews vieron que lo que parecía ser una simple estrella en la parte óptica del espectro, mostraba una emisión peculiar en la parte de radio y de ultravioleta del espectro. Más tarde, en 1963, Maarten Schmidt, del Observatorio de Monte Palomar, pudo hacer mediciones espectroscópicas en las que se revelaba que una de estas fuentes de radio (3C273) estaba localizada a una distancia de 3.000 millones de años-luz. A esta distancia una simple estrella no podría ser observada de ninguna manera; estos objetos tendrían que emitir una cantidad muy grande de energía para poder ser vistos a grandes distancias. Los astrónomos dieron el nombre de 'fuentes de radio cuasi-estelares' (o cuásares) y el astrofísico ruso Yakov Zeldovich propuso la hipótesis de que los agujeros negros son los responsables de estas fuentes de emisión.

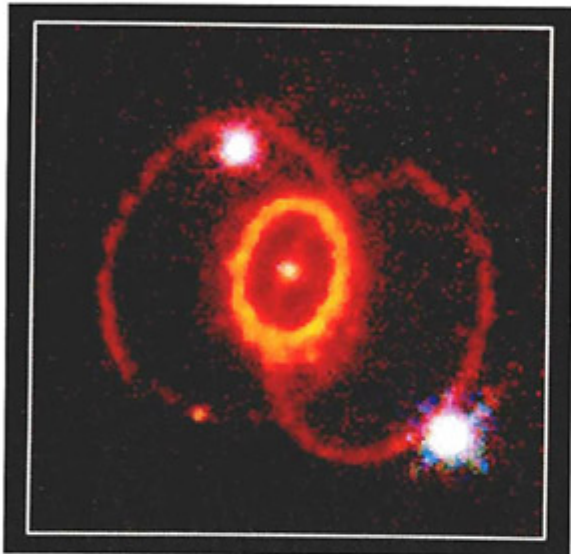
Debido a la gran luminosidad de los cuásares, es bastante difícil observar los detalles del espacio donde se hallan. Sin embargo, la gran resolución del Hubble permitió observar estos detalles por primera vez y confirmar la hipótesis de que los cuásares no son objetos aislados, sino que se encuentran en el núcleo de galaxias (ver Gráfico 1). En varias de las imágenes se puede apreciar, por ejemplo, que el núcleo de una galaxia con un cuásar es, en realidad, el punto donde se produjo una colisión entre dos galaxias. Del estudio de galaxias realizado por Bahcall se obtienen las siguientes conclusiones: la mayoría de los cuásares se encuentra en el núcleo de galaxias luminosas (espirales y elípticas); las colisiones entre galaxias son un mecanismo importante para la producción de energía de los cuásares, ya que proporcionan suficiente material para ser absorbido por el agujero negro. También se encontró que los cuásares de baja emisión de radio ("radio quiet") se encuentran con mayor frecuencia en galaxias elípticas y no siempre en galaxias espirales, como se pensaba anteriormente.

Quedan muchas otras incógnitas referentes a la naturaleza de los cuásares. Por ejemplo, no se sabe si son activos sólo durante una fracción de la vida de la galaxia (100 millones de años e incluso menos). De ser así, la mayoría de las galaxias podrían ser entonces, cuásares gastados. Si, por el contrario, los cuásares son objetos cuya actividad permanece durante mucho tiempo, entonces su abundancia no es

tan grande y posiblemente requieren para formarse la existencia de agujeros negros extremadamente masivos, desde la edad temprana del universo.

Colisiones entre galaxias

Con imágenes muy detalladas de una galaxia peculiar conocida como Rueda de Carro, obtenidas por el Hubble, los astrónomos han podido determinar que ésta es el producto de una colisión entre dos galaxias. Situada a una distancia de 500 millones de años-luz de nosotros, en la constelación Sculptor, se caracteriza por dos



Supernova 1987A.

anillos de luz concéntricos, conectados por 'nubes' en forma de filamento (Figura 2). La onda de choque generada por la colisión explica la formación de esta estructura. Las imágenes revelan inmensas masas de gas en órbita en torno al núcleo de la galaxia

como si se tratara de cometas. Cada una de estas nubes de gas tiene una dimensión de 1.000 a 5.000 años-luz. La resolución del Hubble permite ver detalles sobre cómo ocurre el nacimiento de estrellas masivas en una gran nube de gas fragmentada. También se ven estructuras gigantes, como burbujas, resultantes de estrellas supernovas en explosión. El núcleo de esta galaxia alberga varios miles de millones de estrellas que normalmente no se habrían formado de manera tan rápida y tan extensa (150 mil años-luz de diámetro), de no ser por una violenta colisión con otra galaxia.

Supernovas

Las estrellas brillan por la energía liberada en reacciones ocurridas en su centro. Primordialmente, estas reacciones resultan de la fusión de núcleos de helio a partir de núcleos de hidrógeno, pero la cadena de fisión de elementos más pesados puede seguir adelante, depen-

diendo de la masa original de la estrella. El final de una estrella ocurre cuando todo su material fusionable se ha consumido y, dependiendo de la masa de la estrella, se produce una espectacular explosión de supernova, o simplemente se transforma en una gigante roja. Uno de estos raros espectáculos fue observado accidentalmente en febrero de 1987, cuando un astrónomo vio, en una secuencia de placas fotográficas del mismo campo de observación, que a partir de cierto momento apareció una estrella 'nueva' que no estaba en las placas tomadas previamente. Este famoso evento, conocido con el nombre de supernova 1987A, fue efectivamente la detección de la explosión de una estrella en su etapa final.

El telescopio espacial Hubble ha logrado estudiar la evolución del material residual de la explosión de esta supernova (ver Figura 3). El material expulsado hacia el espacio durante la explosión se aleja a una velocidad de 9,6 millones de km por hora. Esta supernova se produjo cuando el colapso del núcleo estelar envió una onda de choque de neutrinos que calentaron las capas internas de la estrella a 3.000 millones de grados centígrados. El sustento de la masa estelar en contra de la gravedad es posible gracias a la presión producida por las reacciones de fusión en su núcleo, pero cuando el material fusionable de la estrella se consume, se pierde esta forma de sustento y la estrella colapsa por la inmensa fuerza de gravedad. El colapso del núcleo generó, a su vez, una onda de choque que destruyó la estrella, enviando los residuos al espacio. Esta bola de fuego se ha venido enfriando y ahora es calentada por energía nuclear proveniente del decaimiento de núcleos radioactivos producidos en la explosión.

El colapso gravitacional de una estrella produce una densidad suficientemente alta en el núcleo remanente como para formar un agujero negro o una estrella de neutrones.

En el próximo viaje de los astronautas a bordo del transbordador Discovery, de la NASA, en febrero de este año, se tiene planeada una visita al telescopio Hubble con el objeto de hacerle mantenimiento e instalar nuevo equipo, dentro del cual se cuenta el 'Space Telescope Imaging Spectrograph' (STIS) y el 'Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer' (NICMOS), con los cuales se recogerá mucha más información con un nivel de detalle sin precedentes.





Qué rico, tomémonos un buen tinto.





La primera partícula

-El centenario del

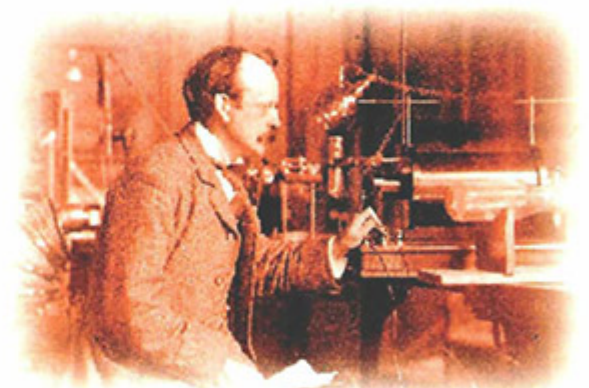


electrón-

Bernardo Gómez Moreno
Profesor titular,
Departamento de Física,
Universidad de los Andes,
Santafé de Bogotá, Colombia.
e-mail: bgomez@uniandes.edu.co

El 30 de abril de 1897, en una memorable conferencia pronunciada en la Royal Institution de Londres, Joseph John Thomson anunció que, estudiando la conducción de la electricidad por gases a muy baja presión en lo que se manifestaba como "rayos catódicos", había descubierto que estos últimos estaban constituidos por unas partículas de carga eléctrica negativa, muy pequeñas y livianas, con una masa unas mil veces menor que la del átomo de hidrógeno. Estas partículas, que él llamó "corpúsculos", eran en su opinión la materia prima, de la cual estaban hechos todos los átomos.

Hoy, estos corpúsculos de Thomson son conocidos como "electrones", y son tan elementales como hace 100 años, cuando fueron descubiertos.



Previamente a su conferencia del 30 de abril de 1897, J. J. Thomson, había escrito:

"En los rayos catódicos tenemos materia en un nuevo estado, aquél en que la subdivisión de la materia se lleva mucho más lejos que el estado gaseoso ordinario: un estado en que toda la materia -esto es, materia obtenida a partir de distintas fuentes, como hidrógeno, oxígeno, etc.-

es de una única especie; siendo esta materia la sustancia a partir de la cual se construyen los elementos químicos."

J. J. Thomson, "Cathode Rays", *Philosophical Magazine* 44 (1897), p.295.

Hace 100 años no se pensaba en partículas

La hipótesis corpuscular de Thomson, propuesta en 1897, no fue aceptada fácilmente, ni siquiera por los científicos británicos. La idea del átomo era aún difícil para la época. ¿Cómo pensar entonces en entes reales más pequeños que los átomos?

"Muy pocos creían al principio en la existencia de cuerpos menores que los átomos. Hasta un distinguido físico, que había asistido a mi conferencia de 1897 en la Royal Institution, me dijo tiempo después que pensó que yo había estado 'tomándoles el pelo'".

Así escribía J. J. Thomson, en sus memorias de 1936 *Recollections and Reflections*.

En 1897 era imposible comprender la trascendencia del descubrimiento de Joseph John Thomson. Era el comienzo de una nueva era en el entendimiento de la naturaleza. Ante el ser humano se abría un nuevo mundo: el mundo microscópico al interior de los objetos. Se empezaba a reunir la evidencia experimental que confirmaría la validez de las ideas atomistas de los antiguos griegos, del entendimiento actual sobre la estructura más fundamental de la materia y del electrón como su primer protagonista.

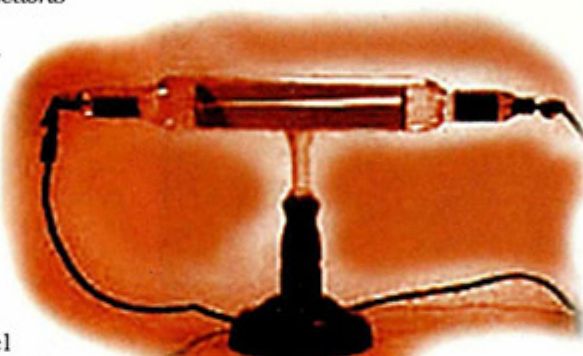
¿Pero, cómo llegó Joseph John Thomson a un descubrimiento tan trascendental?

La búsqueda de la naturaleza de la electricidad

Entre las inquietudes de la época estaba el comprender la naturaleza de la electricidad. Ésta era ya algo cotidiano en el alumbrado eléctrico comercial, que Thomas Alva Edison había inaugurado con anterioridad. Cuando se descubrió el electrón, en 1897, hacía 18 años que Edison había inventado la bombilla eléctrica (1879). En la física, la formulación de las leyes de la electricidad y el magnetismo había alcanzado 32 años antes su máxima expresión con el admirable trabajo de James Clerk

Maxwell, quien en 1865, con solo cuatro ecuaciones, logró una teoría completa del electromagnetismo. Sin embargo, a pesar de la bellísima formulación matemática del electromagnetismo, la comprensión de su naturaleza aún no estaba clara. Desde hace más de 200 años se pensaba en términos de fluidos continuos de electricidad en el interior de la materia: un fluido positivo, otro negativo y materia neutra. Para Benjamín Franklin, con un fluido eléctrico bastaba: un exceso llevaría a electricidad positiva y una deficiencia a electricidad negativa. Pero, ¿qué clase de fluidos eran éstos?

Maxwell pensaba en términos bien diferentes; para él todos los efectos electromagnéticos eran resultado del comportamiento elástico del éter, que llenaba todo el espacio. Esta idea resultó muy útil para el descubrimiento de las ondas electromagnéticas realizado por Heinrich Hertz en 1887.



De los rayos catódicos al electrón

El estudio sistemático de Michael Faraday sobre la conducción de la electricidad había llevado de los trabajos en electrolitos de comienzos del siglo, con importantes resultados en la electrólisis, al estudio de descargas eléctricas en gases, a cada vez menores presiones, a medida que se avanzaba en el mejoramiento de las técnicas de vacío.

Bajo condiciones normales, un gas es un conductor muy pobre de la electricidad. Pero, en un recipiente a baja presión, al aplicar un voltaje suficientemente alto entre dos electrodos se produce una descarga y el gas se hace conductor; del electrodo negativo parten rayos fácilmente visibles: los rayos catódicos.

Éstos ocupaban el interés de los físicos desde las observaciones reportadas en 1858 por Julius Plücker, quien en la Universidad de Bonn había estudiado los efectos de acercar imanes a las descargas eléctricas producidas en tubos con diversos gases. Plücker fue el primero en observar la desviación de las descargas con el campo magnético y los efectos de fosforescencia en las paredes de los tubos donde ocurría la descarga. Su discípulo Johann Hittorf había logrado un mejor vacío en los tubos y había podido observar así, en 1869, el

carácter de "rayo" de las descargas; había observado que los rayos se originaban en el cátodo y podían producir en la pared del tubo donde incidían una sombra bien definida de un objeto ubicado en medio de su recorrido. Fue entonces cuando Eugen Goldstein introdujo el nombre de "rayos catódicos". Luego, en 1879, en Inglaterra, Sir William Crookes demostró que estos rayos llevaban momento y energía, y podían realizar trabajo: un pequeño molino en el interior del tubo giraba rápidamente cuando los rayos incidían sobre él. Para Crookes, esto evidenciaba la composición corpuscular de los rayos, pequeñas partículas que golpeaban las aspas del molino, haciéndolo girar.

Pero la naturaleza corpuscular de los rayos catódicos, que Crookes y algunos otros científicos ingleses lideraban, no era aceptada en Alemania, donde Heinrich Hertz pensaba más en fenómenos ondulatorios del éter. En 1883, éste último efectuó una observación, considerada como la evidencia definitiva, que descartó que los rayos catódicos podían ser partículas con carga eléctrica. Hertz observó que los rayos catódicos no se desviaban al pasar en medio de un campo eléctrico intenso, entre un par de láminas en el interior del tubo. Sin embargo, se suponía que las cargas eléctricas sí debían desviarse.

A la observación de Hertz se sumó la que en 1892 hizo Philipp Lenard, quien comprobó cómo los rayos catódicos atravesaban láminas metálicas delgadas sin perforarlas ni mancharlas, como un rayo de luz pasa a través de un vidrio, lo que reforzaba la idea de que se trataba de ondas.

La controversia sobre la naturaleza de los rayos catódicos era expresada por Thomson así:

"Se tienen las más diversas opiniones sobre estos rayos; de acuerdo con la opinión prácticamente unánime de los físicos alemanes, son debido a algún proceso en el éter, al cual ningún fenómeno observado hasta ahora es análogo; otra visión de estos rayos es que son en realidad completamente materiales, y que marcan las trayectorias de partículas de materia cargada con electricidad negativa."

J. J. Thomson, "Cathode Rays", *Philosophical Magazine* 44 (1897), p.293.

Este detalle de la carga eléctrica negativa asociada con los rayos catódicos fue demostrado por Jean Baptiste Perrin en Francia, en

**Era el
comienzo
de una nueva
era en el
entendimiento
de la
naturaleza.**

1895, desviando los rayos en el interior del tubo con un imán hasta hacerlos incidir sobre una jaula de Faraday, donde acumuló carga eléctrica negativa, que era medida con un electrómetro.

Experimento de Thomson para hallar la velocidad de los rayos catódicos.

Fue en ese punto donde J. J. Thomson inició sus contribuciones sobre la naturaleza de los rayos catódicos, que finalmente llevaron al descubrimiento del electrón. Thomson, con un montaje experimental similar al de Perrin, midió no solo la carga eléctrica total que depositan los rayos

en un recipiente metálico (jaula de Faraday), sino que además midió el aumento de temperatura en el recipiente por efecto de los rayos. Determinó así la energía cinética que éstos llevaban al incidir sobre el metal, con lo que obtuvo la velocidad de los rayos, y un resultado muy claro: un valor de sólo $1,9 \times 10^7$ cm/s. Los rayos catódicos resultaban así ser 1.000 veces más lentos que la luz ($c = 3 \times 10^{10}$ cm/s). Thomson descartó entonces que se tratara de un fenómeno de ondas del éter; más bien, su resultado reforzó la evidencia de la naturaleza corpuscular de los rayos, partículas con carga eléctrica negativa.

Pero, ¿cómo hacer esto compatible con la observación de Hertz, que mostraba que los rayos no se desviaban en el campo eléctrico?

Éste era el último obstáculo, que Thomson superó así: en el interior del tubo de rayos catódicos colocó un par de placas planas paralelas que conectó a una batería. Tenía así un campo eléctrico de suficiente intensidad para desviar los rayos catódicos si estaban compuestos por partículas cargadas. Al igual que Hertz, no observó desviación alguna cuando la presión del gas en el tubo era muy alta, pero a medida que reducía la presión, mejorando el vacío, se evidenció una desviación del rayo cada vez mayor. Thomson explicó el efecto por ionización del gas en el tubo al pasar los rayos catódicos. El gas ionizado producía un corto circuito entre las placas, acabando con el campo eléctrico y con la desviación de los rayos. Al mejorar el vacío, el efecto de ionización del gas se reducía significativamente, el campo eléctrico se mantenía y la desviación de los rayos se observaba. Así, Hertz, debido a un mal vacío, no observó

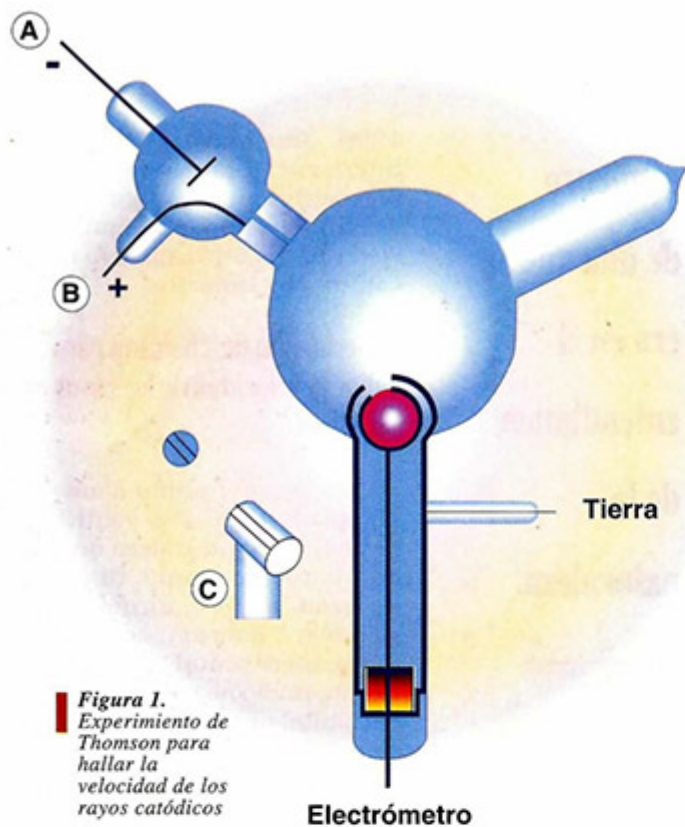


Figura 1.
Experimento de Thomson para hallar la velocidad de los rayos catódicos

la desviación de los rayos catódicos y concluyó erróneamente que no podían ser cargas eléctricas; pasaron 14 años hasta que Thomson aclaró el error.

En el tubo de Thomson, de 1897, el cátodo estaba a un potencial negativo de varios cientos de voltios. Los rayos catódicos atravesaban las rendijas S1 y S2, que constituían el ánodo, y seguían en línea recta hasta incidir en el extremo derecho del tubo, sobre una pantalla fosforescente, en el punto O.

Se aplicaba un voltaje entre las placas metálicas planas paralelas P1 y P2, ubicadas en el interior del tubo. Así, el campo eléctrico entre las placas desviaba el rayo según la polaridad de aquéllas. Si P1 era positivo el rayo se desviaba hacia arriba e incidía sobre la pantalla en el

punto A (la escala en la pantalla permitía determinar con precisión la desviación del rayo).

Un campo magnético adicional producido por un par de bobinas externas, ubicadas al lado de las placas internas, desviaba el rayo en sentido opuesto al efecto del campo eléctrico. Graduando entonces el voltaje entre las placas y la corriente eléctrica en las bobinas, se lograban campos eléctricos y magnéticos tales, que la desviación del rayo era cero (desviaciones en sentido opuesto y de igual magnitud). Thomson pudo entonces determinar, a partir del voltaje de las placas, de la corriente en las bobinas y de la desviación cero del rayo, cuál era la velocidad de las partículas del rayo y la razón masa/carga (m/e). Hoy se mide como e/m y se le llama "carga específica".

Thomson repitió estas mediciones con diversos gases en el tubo (aire, hidrógeno, dióxido de carbono) y obtuvo los mismos resultados para m/e :

"De estas determinaciones vemos que el valor de m/e es independiente de la naturaleza del gas, y que su valor es mil veces menor que el más pequeño valor para esta cantidad conocido previamente, el del ión de hidrógeno en electrólisis."

Que m/e fuera independiente de la naturaleza y de la presión del gas en el tubo fue para Thomson una evidencia de que los rayos catódicos no estaban constituidos por iones del gas, sino más bien por "átomos primordiales", o "corpúsculos", que eran en realidad constituyentes de todos los átomos; los mismos corpúsculos para todos los elementos químicos.

Pero, con este experimento, Thomson no logró aún determinar la masa de estos corpúsculos, sólo la m/e . Thomson escribió:

"La pequeñez del valor de m/e , pienso, puede deberse a una carga muy grande, o a una masa muy pequeña".

Durante los dos años siguientes Thomson realizó experimentos que le permitieron determinar por separado la masa y la carga de los

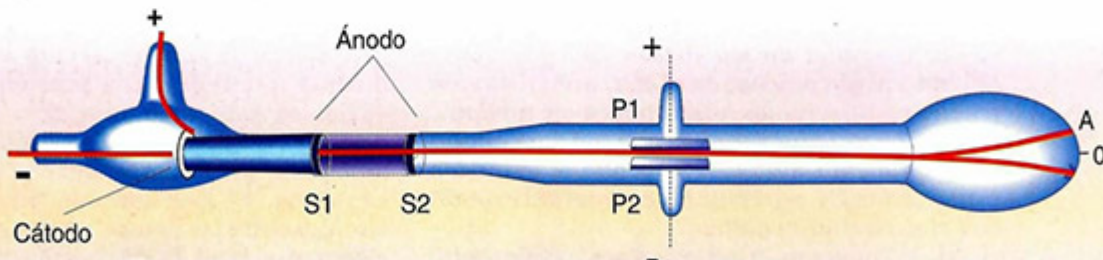


Figura 2. Tubo de Thomson.

corpúsculos, estudios que publicó en 1899 ("On The Masses Of The Ions In Gases At Low Pressures", Phil.Mag., Ser.5, Vol.48, No.295 (1899), p.547.). En estos experimentos posteriores, Thomson estudió las partículas que resultan del efecto fotoeléctrico, que eran desprendidas de la superficie de las placas metálicas al incidir luz ultravioleta sobre ellas. Aplicó una novedosa técnica para hacer visibles las trayectorias de las partículas en la "cámara de niebla" desarrollada por su

En 1897, otros físicos también medían la m/e

Aunque Thomson es reconocido como el descubridor del electrón, es justo recordar que otros físicos llegaron simultáneamente a determinar en trabajos independientes la razón masa sobre carga (m/e) para los rayos catódicos. Conocidos son los trabajos de Emil Wiechert y de Walter Kaufmann, quienes lograron resultados para m/e mejores que los del mismo Thomson. Sin embargo, ellos no descubrieron el electrón,

pues nunca vieron en sus resultados, en los números, la existencia de una partícula mientras que Thomson, con mucha intuición, sí lo hizo.

Wiechert era profesor en Prusia, en la Universidad de Königsberg. En sus experimentos de enero de 1897, Wiechert desviaba los rayos catódicos en un campo magnético producido por bobinas externas al

tubo, medía el radio de curvatura y obtenía un magnífico resultado para la m/e. Mientras tanto, en Berlín, Kaufmann hacía lo mismo, ensayando con diversos gases. Kaufmann suponía que si había partículas en los rayos catódicos, éstas serían iones del gas, de modo que la m/e sería diferente para cada tipo de gas. Para su sorpresa, obtenía el mismo valor de m/e, independientemente del gas utilizado, lo que lo desconcertó de tal manera que llegó a concluir que los rayos catódicos no podían estar constituidos por partículas. Con el experimento y con los resultados correctos, Kaufmann falló rotundamente en la interpretación y no logró el descubrimiento del electrón. Tal vez pudo influir el ambiente en Berlín, que no era el adecuado en esa época para pensar en partículas.

Es bien interesante ver cómo el mismo resultado -la independencia del valor de la m/e del gas utilizado-, fue interpretado de manera tan diferente por Kaufmann y por Thomson: mientras Kaufmann, por esa observación, descartó los corpúsculos en los rayos, Thomson vio en ese efecto la universalidad de los corpúsculos que constituían los rayos catódicos, corpúsculos iguales e independientes del gas, los mismos para todos los elementos, constituyentes universales de todos los átomos. Por eso Thomson fue quien descubrió el electrón.

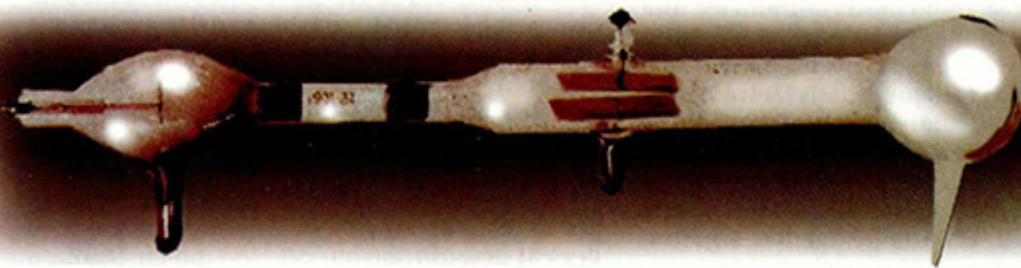


Figura . Tubo original de Thomson, con el que descubrió el electrón en 1897. El tubo tiene cerca de un metro de largo y fue hecho completamente a mano.

Su valor fue mil veces menor que el más pequeño valor para esta cantidad conocido previamente, el del ión de hidrógeno en electrólisis.

discípulo C.T.R. Wilson, donde en una atmósfera supersaturada de vapor de agua se producía condensación del vapor a lo largo del recorrido de las partículas con carga eléctrica. Con un campo magnético conocido, las trazas en la cámara de niebla hacían visible la desviación de los corpúsculos en trayectorias circulares, y medían el radio de curvatura de la traza, además de la carga eléctrica de los corpúsculos. Thomson encontró que m/e resultaba igual para estos corpúsculos del efecto fotoeléctrico, que para los rayos catódicos y que para la carga eléctrica el valor absoluto coincidía con la carga de los iones de hidrógeno en la electrólisis.

Con esto, Thomson identificó las partículas que por efecto fotoeléctrico se desprendían de los átomos como las mismas partículas que constituían los rayos catódicos, y midió su masa y su carga eléctrica por separado. Descubrió así el electrón, la primera partícula elemental.

Trabajo en equipo desde la primera partícula

A lo largo de muchos años, en la búsqueda de la naturaleza de la electricidad, finalmente se halló materializada en una partícula elemental, el electrón.

A diferencia del descubrimiento de los rayos-X, logrado por Wilhelm Konrad Röntgen en 1895, el descubrimiento del electrón no fue algo casual, sino que fue el resultado de la acumulación de esfuerzos continuos realizados por un buen número de investigadores en diversos países. A lo largo de muchos años, en la búsqueda de la naturaleza de la electricidad, que finalmente se halló materializada en una partícula elemental, el electrón.

Thomson nunca estuvo solo en la búsqueda del electrón: desde el comienzo reunió un grupo de investigadores a su alrededor en el Laboratorio Cavendish de la Universidad de Cambridge. Allí, cada investigador, supervisado por Thomson, trabajaba en su propio experimento con un instrumental asignado a su trabajo individual sobre un tópico propio, pero ligado al tema global de la investigación sobre la naturaleza de la electricidad; sobre la conducción de la electricidad en gases, sobre las propiedades de los corpúsculos de los rayos catódicos. Fueron esfuerzos individuales los que reunidos consiguieron el descubrimiento: la primera partícula elemental.

Así, con el descubrimiento del electrón hace 100 años, nació la física de las partículas elementales, que desde su aparición se ha distinguido por reunir los esfuerzos de grupos de investigadores, con magníficos resultados. Es el estilo moderno de hacer ciencia, que hoy encontramos en los grandes laboratorios internacionales, como CERN en Europa, Fermilab en Estados Unidos, y tantos otros en el mundo entero, donde los científicos son herederos del estilo de trabajo de este gran pionero de la ciencia moderna.

Thomson nació el 18 de diciembre de 1856 en Cheetham, un suburbio de Manchester, Inglaterra. Su padre, librero y editor de profesión, deseando que su hijo fuera ingeniero, le procuró la formación básica necesaria. Lo envió así a Owens College, que luego se convirtió en la Universidad de Manchester. Pero debido a la muerte de su padre dos años después, Joseph John no logró costearse la alta matrícula para iniciar la práctica obligatoria de ingeniería.

En cambio, fue admitido en Trinity College, Cambridge, con una beca para estudiar física. Como James Clerk Maxwell, obtuvo el segundo mejor lugar en los exámenes al terminar su carrera. En 1880 ingresó al Laboratorio Cavendish, donde laboró bajo la dirección de Lord Rayleigh.

Aunque Thomson era más conocido por sus trabajos en física teórica que en física experimental, a los 28 años, en 1884, fue nombrado director del Laboratorio Cavendish, una elección muy acertada como se vio más adelante, pues Thomson renovó el laboratorio, introdujo nuevos métodos de enseñanza, creó una escuela de investigaciones y logró hacer del laboratorio el más exitoso centro de investigaciones en física en su época, dándole a Inglaterra el predominio en la física subatómica durante los primeros 30 años del siglo XX. Thomson inició en el Laboratorio Cavendish experimentos sobre descargas eléctricas en gases a baja presión, tema que trabajó por el resto de su vida de investigador y que lo llevó al descubrimiento del electrón en 1897.

En vida, recibió los máximos honores posibles, entre ellos el premio Nobel de Física de 1906, en reconocimiento a sus investigaciones teóricas y experimentales sobre la conducción de la electricidad por gases. En 1908 fue hecho caballero. Entre 1915 y 1920 fue presidente de la Royal Society, dirigiendo sus actividades durante la Primera Guerra Mundial. En 1918, fue nombrado rector de Trinity College, Cambridge, cargo que desempeñó hasta su muerte,



Joseph John Thomson.

Premios Nobel del Laboratorio Cavendish en la época de Thomson

- **Lord Rayleigh**, premio Nobel de Física de 1904: estudio de la densidad de gases y descubrimiento del argón.
- **J. J. Thomson**, premio Nobel de Física de 1906: estudio de descargas eléctricas en gases y premio Nobel de Química de 1908: descubrimiento del núcleo atómico.
- **W. H. Bragg & W. L. Bragg**, premio Nobel de Física de 1915: difracción de rayos-X en cristales.
- **C. G. Barkla**, premio Nobel de Física de 1917: estudio de átomos por dispersión de rayos-X.
- **F. W. Aston**, premio Nobel de Química de 1922: aplicación del espectrógrafo de masas para estudiar isótopos. Descubre 212 de los 287 isótopos naturales.
- **C. T. R. Wilson**, premio Nobel de Física de 1927: cámara de niebla (1906) para estudiar partículas cargadas.
- **O. W. Richardson**, premio Nobel de Física de 1928: efecto termiónico y emisión de electrones de los metales calientes (1911).
- **J. Chadwick**, premio Nobel de Física de 1935: descubrimiento del neutrón (1932).
- **G. P. Thomson**, premio Nobel de Física de 1937: naturaleza ondulatoria del electrón.
- **P. M. S. Blackett**, premio Nobel de Física de 1948: física nuclear con fotografías de cámara de niebla de procesos con rayos cósmicos.

ocurrida el 30 de agosto de 1940. Sus restos descansan en la abadía de Westminster, cerca de los restos de Isaac Newton.

El Laboratorio Cavendish, de la Universidad de Cambridge, fue el escenario donde Joseph John Thomson descubrió el electrón en 1897. Era este un laboratorio bastante nuevo para la época, pues había sido iniciado en 1870. Hasta ese año, la física experimental no se había desarrollado suficientemente en Cambridge, a pesar de la tradición que se remontaba a los tiempos de Isaac Newton. En 1870, el entusiasmo en Inglaterra por la física experimental aumentaba considerablemente: universidades como Oxford y Manchester construían nuevos laboratorios, y Cambridge no podía quedarse atrás. La familia Cavendish, los sucesores de Henry Cavendish, famoso por sus mediciones sobre la atracción gravitacional entre las masas, efectuó en 1870 una importante donación a la Universidad de Cambridge para la construcción del nuevo laboratorio. Surgió así el "Laboratorio Cavendish", cuyo primer director fue James Clerk Maxwell. En 1879, luego de la muerte de Maxwell, Lord Rayleigh estuvo por cinco años al frente del laboratorio.

Pero fue con la labor de Thomson, iniciada en 1884, que el Laboratorio Cavendish llegó a ser el más importante y exitoso centro de investigaciones en física en Inglaterra y uno de los más importantes del mundo. Thomson, con su espíritu de gran administrador de la ciencia, impuso la idea de programas de investigación realizados por grupos de científicos. Aprove-

chando las nuevas políticas académicas de la Universidad de Cambridge, que llevaron a un significativo número de becas y a una apertura del ingreso a los posgraduados a estudiantes graduados provenientes de otras universidades, Thomson logró seleccionar los mejores estudiantes para formar con ellos poderosos grupos de investigación. Con una mística especial por



Laboratorio Cavendish.

el trabajo de colaboración científica. Thomson creó escuela y logró entusiasmar a sus colaboradores hasta el punto de producir toda una serie de destacadas contribuciones en instrumentación y en métodos experimentales, además de los más importantes descubrimientos en la física subatómica, entre ellos el electrón, los isótopos, el trabajo importante sobre radio-

actividad, el núcleo atómico, el neutrón e instrumentos como la cámara de niebla.

No faltaron los reconocimientos para el Laboratorio Cavendish, entre ellos 12 Premios Nobel en Física y Química, que dan testimonio de la excepcional labor de Thomson allí.



Bibliografía

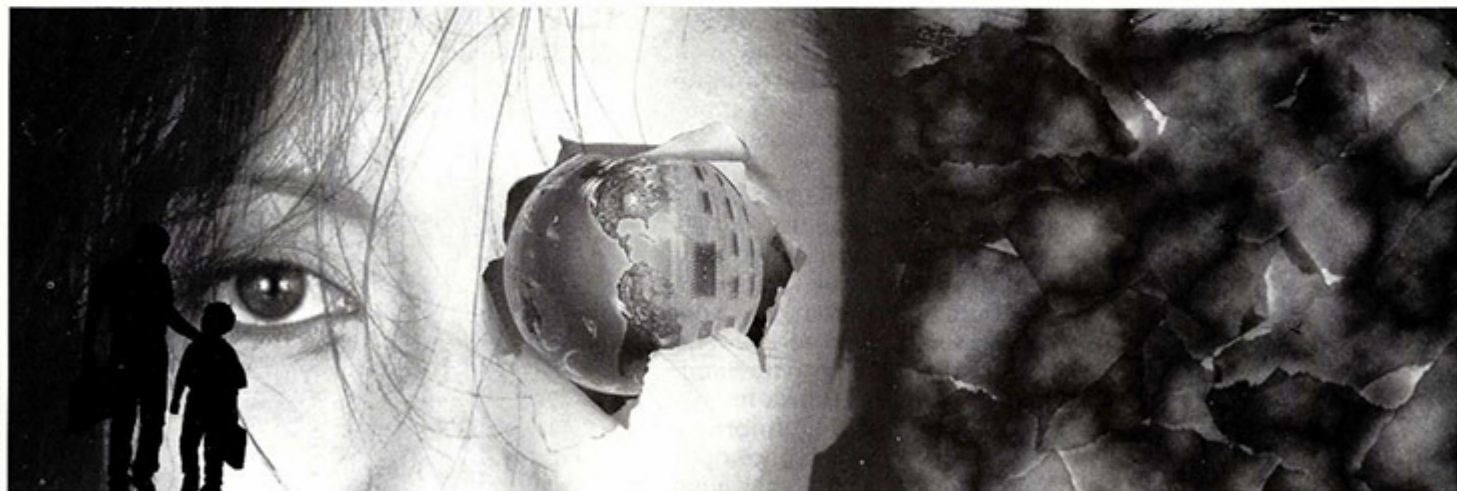
Publicaciones de J. J. Thomson de 1897 y 1899:

1. Thomson, "Cathode Rays", *Proceedings of the Royal Institution* 15 (1897), 419.
2. Thomson, "Cathode Rays", *Philosophical Magazine* 44 (1897), 295.
3. Thomson, "Cathode Rays", *Nature* 55 (1897), 453.
4. Thomson, "On The Masses Of The Ions In Gases At Low Pressures", *Philosophical Magazine* 48 (1899), 547.

Diversos autores:

- Paget Thomson George: "J. J. Thomson: Discoverer of the Electron", Anchor Books, New York, 1966.
- Millikan Robert Andrews: "The Electron: Its Isolation and Measurement and the Determination Of Some Of Its Properties.", The University Of Chicago Press, Chicago, 1917.

- Weinberg Steven: "Partículas Subatómicas", Scientific American Books, Inc., Nueva York, 1983.
- Segrè Emilio: "From X-Rays To Quarks: Modern Physicists And Their Discoveries", W. H. Freeman And Company, San Francisco, California, 1980.
- Lederman Leon: "The God Particle", Delta Book, Dell Publishing Group, Inc., New York, 1994.
- Harré Rom: "Great Scientific Experiments: Twenty Experiments That Changed Our View of The World", Oxford University Press, Oxford, 1983.
- Morris H. Shamos: "Great Experiments In Physics: Firsthand Accounts From Galileo to Einstein", Dover Publications, Inc., New York, 1987.
- Cavendish Laboratory: "The Centenary Of The Electron", Internet, World Wide Web, <http://www.phy.cam.ac.uk/www/electron/index.html>



AS DISEÑO PAM LIDA

Ayudamos a mantener todas las formas de vida.

CIENCIA E INDUSTRIA
Productos y Sitemas Profesionales
Calle 98 No. 22-64 Piso 11 A.A. 4284
PBX: 623 55 11
Fax. (91) 623 41 88
Santafé de Bogotá, D.C.

Juntos hacemos tu vida mejor



PHILIPS



Universidad Nacional de Colombia

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Hora
0:00	U. N. Satélite					Jazz... La Media Noche	Eros y Boleros	0:00
3:00	Euterpe					U. N. Satélite		3:00
6:00	U.N. Noticias Vía Satélite					Desde Holanda	Música de las Religiones	7:00
7:15	U.N. Análisis					Selecciones de U.N.Radio		Perspectivas
8:15	Torre de Babel					Tesis de Grado	El Derecho y el Revés	9:00
8:45	Revista de Colcultura					Perfiles	Análisis Político	10:00
9:00	Protagonistas de la Música					Economía y Sociedad	Debates Económicos	10:30
1:00	Jazz... La Hora					Lugar Común	Reseña	11:00
2:00	Música Antigua					Crónica Urbana	Diario de Campo	11:30
3:00	Música de Cámara					Imaginario del Rock	Memoria Reciente	12:00
4:00	Siglo XX				Sonido Virtual	Rock 98 1/2	εΡΟΥΕ	12:30
6:00	Cinco Décadas de Rock	La Hora de la Resistencia	Psicosis	Imaginario del Rock	Blues		Selecciones	1:00
7:00	La U en F.M.		Matrícula Incondicional			Música Latinoamericana	Tanguedia	3:00
7:30	U.N. Satélite					Soul To Soul	Música Colombiana	2:00
8:00	Invitado Musical						Historia del Flamenco	4:00
9:00	Hipótesis	Número y Razón	Radio de Acción	Tierra de por Medio	Caribeando	La Hora del Blues	5:00	
9:30	U.N. P.M. Noticiero Vía Satélite					De Rumba	Conferencia de la Semana	6:00
10:00	Los Discos de León				Industria Digital		Interacción	7:00
11:00	U.N. Satélite				Tanguedia	En el Corazón del Patio	7:30	
12:00	EMISIÓN EN DIRECTO					Teatro en Música	8:00	
						Clásicos del Relleno	11:00	
							12:00	



Las plantas
acuáticas:
una alternativa
para el
tratamiento
de aguas
residuales
en Colombia



Luz Teresa Valderrama V.
Departamento de Biología,
Programa de Biotecnología
y Saneamiento Ambiental,
Pontificia Universidad Javeriana,
Santa Fe de Bogotá, Colombia.
e-mail: lvalderr@javercol.javeriana.edu.co

Introducción

Las plantas acuáticas han sido consideradas por mucho tiempo como malezas, debido a que con frecuencia impiden o dificultan las actividades humanas: cubren grandes extensiones de los embalses, obstaculizan la irrigación y la pesca, ocasionan problemas a la acuicultura e imposibilitan el transporte fluvial.

Sin embargo, muchas macrófitas acuáticas presentan tasas altas de crecimiento y de reproducción, lo cual favorece su capacidad de absorber sustancias disueltas en el agua y transformarlas en biomasa, con un consecuente efecto depurador del agua donde crecen. Esto ha conducido a evaluar su capacidad depuradora y la posibilidad de utilizarlas como parte de tratamientos de aguas residuales (el agua residual es todo efluente proveniente de actividades humanas, como la agricultura, la ganadería, la industria o las labores domésticas, y un tratamiento de aguas residuales es un proceso en el cual se eliminan del agua las sustancias disueltas y suspendidas que contiene, hasta que el efluente puede ser reutilizado con fines agrícolas, recreativos o industriales - muy rara vez como agua potable- o verterse a un cuerpo de agua con mínimo impacto para éste).

La acción depuradora de las plantas acuáticas

Las lagunas de estabilización, en donde operan simbióticamente grandes poblaciones de microalgas y bacterias en la degradación de materia orgánica, constituyen el método más común para tratar aguas residuales de pequeñas comunidades.

Sin embargo, las plantas acuáticas pueden aumentar significativamente la eficiencia de estas lagunas: no sólo aportan oxígeno al agua (que es el principal papel de las algas), sino que absorben una amplia gama de sustancias, desde nutrientes en forma de amonio y nitratos hasta metales pesados y derivados de hidro-

**La *Eichhornia*
crassipes puede
eliminar del
agua hasta el
97 por ciento
de materia
orgánica.**

carburos¹⁷. Producen además ciertos efectos físicos, químicos y biológicos que incrementan la eficiencia del sistema para la remoción de materia orgánica y nutrientes: la densa masa de raíces de las plantas constituye un soporte físico y un hábitat favorable para diversos organismos degradadores; la cubierta de hojas sobre la superficie forma una cubierta aislante en la interfase aire-agua, que produce un efecto de aquietamiento, reduciendo la turbulencia y la mezcla ocasionadas por el viento, y aumentando con esto la sedimentación de la materia orgánica que se quiere eliminar¹⁸. Al impedir la penetración de la luz, eliminan gran parte de la población de microalgas causante de las altas concentraciones de sólidos suspendidos en el efluente de las lagunas de oxidación^{16,19,22}, y reducen significativamente -siempre y cuando la biomasa sea removida con frecuencia- las concentraciones de nutrientes en el agua residual. Esto último constituye una herramienta de gran importancia para el control de la eutroficación, es decir, del conjunto de transformaciones que sufre un

cuerpo de agua léntico cuando recibe constantemente cantidades excesivas de nutrientes.

Las especies

Las plantas acuáticas constituyen un grupo grande y diverso. Su tamaño, y formas pueden variar desde la diminuta *Wolffia arrhiza*, cuyas hojas orbiculares son apenas visibles a simple vista -la más pequeña de las angiospermas- hasta las especies de los géneros *Juncus* y *Scirpus*, de grandes hojas lanceoladas que pueden alcanzar dos o más metros de altura. Tienen también distintos modos de vida: algunas crecen enraizadas en los sustratos lodosos de las orillas de ríos y lagos, como las cañas, juncos y algunas especies de gramíneas (las llamadas emergentes). Otras flotan libremente sobre el agua, con las raíces bajo la superficie (flotantes), y otras permanecen completamente sumergidas.

En diversos grupos de investigación liderados por científicos de Estados Unidos, Francia, Alemania e Inglaterra, principalmente, se han evaluado especies de estos tres grupos con el fin de determinar su eventual eficiencia en el tratamiento de aguas residuales; sin duda, la más estudiada hasta el momen-

to es el jacinto acuático, *Eichhornia crassipes*^{11,12,21,26}. Esta especie, considerada tradicionalmente una maleza incontrolable por su impresionante productividad -se calcula que 10 plantas pueden producir 600.000 más en 8 meses-, es justamente una de las más eficientes en la remoción de nutrientes y materia orgánica del agua residual por su elevada tasa fotosintética. En numerosas investigaciones realizadas se ha demostrado que *Eichhornia crassipes* puede eliminar del agua hasta el 97 por ciento de materia orgánica (expresada como DBO -Demanda



da Bioquímica de Oxígeno- y sólidos suspendidos), el 99 por ciento de nitrógeno y el 60-65 por ciento de fósforo, así como organismos patógenos, sustancias tóxicas e incluso metales pesados¹⁰. Las variaciones en la eficiencia de la remoción dependen de las condiciones climáticas y de las características de la laguna donde se encuentran los jacintos, como profundidad, caudal, concentración del agua residual y tiempo de retención hidráulica.

Otras plantas flotantes como los helechos acuáticos (*Azolla caroliniana* y *Azolla filiculoides*), la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) o algunas de las llamadas lentejas de agua (*Lemna* spp., *Spirodela* spp. y *Wolffia* spp.) han

demostrado ser también eficientes para tratar residuos domésticos e industriales y tienen sobre el jacinto la ventaja de que toleran mejor las bajas temperaturas.

Con el grupo de las plantas sumergidas - *Elodea canadensis*, *E. nuttallii*, *Ceratophyllum demersum*, *Cambomba caroliniana*, *Myriophyllum heterophyllum*- y con especies emergentes - *Typha* spp. (espadañas), *Phragmites communis* (cañas), *Juncus* spp. (juncos), *Scirpus* spp. y *Carex* spp.- se han obtenido porcentajes de remoción que varían entre el 70 y 90 por ciento para nitrógeno y fósforo y que son superiores al 90 por ciento para DBO^{3,9,13,18,24,25}.

Figura 1.
Las plantas acuáticas: una posibilidad inexplorada en Colombia



Las aplicaciones

En la actualidad muchos sistemas de tratamiento de aguas residuales incorporan con éxito plantas acuáticas en su proceso de depuración. El procedimiento más común es colocar una densa población de plantas flotantes en una laguna de oxidación y cosechar periódicamente una parte de la población, con el fin de mantenerla en su fase exponencial de crecimiento y en el máximo de su eficiencia; es lo que se hace con los jacintos y lentejas de agua. En Estados Unidos, por ejemplo, existen numerosas lagunas con estas especies, que sirven para tratar aguas residuales de granjas o de ciudades pequeñas¹⁸.

En los sistemas que utilizan especies emergentes, el agua residual anega un sustrato (puede ser el suelo, grava o algún otro material inerte) que sirve de soporte a las plantas enraizadas en él. Los sistemas con grava se denominan GHB, por sus siglas en inglés (Gravel Hydroponic Beds), o filtros híbridos, ya que combinan el efecto de las plantas -que absorben nutrientes, actúan como filtro físico y proporcionan hábitat para los microorganismos- con el de una densa capa microbiana que crece adherida al sustrato inerte y que degrada la materia orgánica presente en el agua. En Alemania se patentó hace algunos años un sistema que utiliza *Phragmites communis* y *Schoenoplectrus lacustris*, dos plantas emergentes, para tratar aguas residuales. En Holanda se utiliza un sistema en el cual las

plantas se siembran directamente en zanjas en el suelo; las especies utilizadas en este sistema son *Phragmites communis* y *Juncus effusus*; el promedio de remociones de DBO y bacterias coliformes totales y fecales, en los dos sistemas alcanza valores del 97 por ciento, 86.7 por ciento y 99.9 por ciento, respectivamente^{13,18}.

La técnica de la película nutriente (TPN) se ha utilizado también con algunas especies de gramíneas, como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) para el tratamiento de aguas residuales. En esta técnica, el agua forma una delgada película que pasa a través de las raíces de las plantas, las cuales actúan como un filtro físico y biológico⁵.

Una de las aplicaciones más interesantes de las plantas acuáticas es el «biohome», desarrollado por la NASA en Estados Unidos, en la década de los ochenta. El «biohome», que podría traducirse como «hogar vital», es un sistema cerrado que podría alojar a un ser humano y hacer posible su supervivencia en el espacio interestelar por un tiempo largo. Esto implicaría la renovación completa del agua, puesto que no habría ningún suministro exterior. En los ensayos realizados por la NASA, las excretas humanas producidas dentro del «biohome» son tratadas por medio de filtros híbridos que utilizan plantas emergentes (*Iris pseudacorus*, *Typha latifolia*, *Scirpus californicus*, *Panicum repens*, *Canna flaccida*, *Zantedeschia aethiopica*). El efluente de estos sistemas de tratamiento puede, después de un proceso de desinfección con luz ultravioleta, utilizarse en el baño y la cocina del «biohome»⁷.

Las necesidades de investigación

Aunque las plantas pueden ser más eficientes que los procesos utilizados convencionalmente para tratar aguas residuales, los mecanismos de funcionamiento de estos sistemas son aún materia de investigación. La mayor parte de los estudios realizados consideran el proceso como una «caja negra» (se examina cómo está el agua antes y después de haber sido sometida al tratamiento con plantas), sin que haya un conocimiento más profundo de lo que ocurre en el interior del sistema. Aspectos ecológicos básicos, como la estructura y dinámica de las comunidades de organismos presentes en las raíces de las plantas, o bioquímicos, como las vías metabólicas por las cuales se eliminan del agua las sustancias contaminantes, aún no se entienden suficientemente. Por esto es todavía difícil establecer criterios precisos que permitan manipular estos sistemas para lograr su óptimo funcionamiento.

Cuestiones tales como la densidad de las plantas, la profundidad del agua residual, las especies y los biotipos más adecuados, la frecuencia de la cosecha y la disposición final y utilización de las plantas una vez cosechadas, son esenciales para lograr la máxima eficiencia del proceso y deben determinarse en cada caso particular, pues dependen de condiciones locales como la temperatura ambiente, la especie o especies utilizadas, la procedencia del agua residual a tratar, etc. De la profundidad del agua, por ejemplo, depende la eficiencia del sistema, puesto que las raíces de las plantas constituyen el filtro físico para retener la materia suspendida, el órgano de absorción de nutrientes y el hábitat de los microorganismos que degradan la materia orgánica; un sistema muy profundo no permitiría entonces un óptimo contacto de todo el volumen del agua con la masa radicular de las plantas. La frecuencia de la cosecha es tam-

bién un aspecto fundamental, ya que el material vegetal no cosechado muere y se descompone, liberando de nuevo las sustancias absorbidas, con lo cual se reanudarían los procesos de eutroficación que se querían controlar.

Deben evaluarse además las posibilidades de aprovechamiento de las plantas que se cose-



Figura 3. Inflorescencia de *Eichhornia crassipes*.



Figura 2. *Eichhornia crassipes*, la especie más utilizada para el tratamiento de residuos líquidos.

chan en el sistema; de esta manera, las sustancias que las plantas absorben del agua pueden ser recuperadas y puede obtenerse adicionalmente un beneficio económico. Se ha descubierto que las plantas acuáticas crecidas en aguas residuales domésticas o agroindustriales poseen, en términos generales, mayor valor nutritivo que las que se desarrollan en aguas naturales y aún más que plantas terrestres tradicionalmente utilizadas para alimento animal^{14,15}. El jacinto que crece en aguas residuales domésticas, como puede verse en la **tabla 1**, ha demostrado tener un alto contenido proteínico y vitamínico, que lo hace utilizable como fuente nutricional²³.

Las lentejas de agua crecidas en agua residual poseen también elevados contenidos nutricionales y pueden utilizarse como parte

Las plantas acuáticas en aguas residuales domésticas o agroindustriales poseen, en términos generales, mayor valor nutritivo.

de la dieta de ganado vacuno, porcino, de peces o de aves de corral; en los estanques donde se utilizan las plantas pueden criarse especies de peces, así como aves acuáticas (gansos, patos o cisnes), que se alimenten de las plantas.

Las plantas procesadas pueden usarse como bioabono, reciclando de esta manera los nutrientes. Esto puede ser de gran importancia en países tropicales, ya que el empleo de abonos químicos incrementa considerablemente los costos de un sistema de producción agrario. La producción de biogás es otra alternativa para aprovechar las plantas cosechadas: los estudios realizados con el jacinto arrojan resultados promisorios al respecto.

También debe estudiarse la posibilidad de mezclar especies de plantas en un tratamiento de aguas residuales: cuanto más diverso sea el ecosistema, más fácilmente pueden evitarse problemas de plagas y se puede garantizar mayor estabilidad al proceso depurador. Los sistemas de tratamiento que utilizan diversas especies se convierten generalmente en refugio de fauna silvestre y, bien manejados, constituyen también un lugar de recreación^{13,21,24}.

Las limitaciones

El principal inconveniente de estos sistemas es que requieren de un área relativamente grande para operar, ya que las zanjas o lagunas deben ser poco profundas para que el tratamiento sea efectivo. Aunque el aprovechamiento de las plantas cosechadas amortigua los costos de operación, el requerimiento de espacio puede ser una limitante en regiones donde el valor de la tierra es muy elevado. Por esto, los sistemas con plantas acuáticas no son apropiados para grandes conglomerados humanos, sino para pequeñas comunidades, como barrios, pueblos, zonas rurales o industrias.

Cuando se utilizan plantas sumergidas en el sistema, la turbidez del agua residual es un factor limitante para su eficien-

cia, ya que sus órganos fotosintetizadores se encuentran completamente sumergidos en el agua, y el exceso de materia suspendida impide la penetración de la luz solar.

Las plantas absorben todo tipo de sustancias presentes en el agua, y esto puede ser peligroso si se trata de aguas contaminadas con organismos patógenos o sustancias tóxicas como metales pesados. Es necesario tomar precauciones con el destino de las plantas que han sido utilizadas como parte de un tratamiento de agua residual industrial o agua de la que se conoce su patogenicidad potencial.

Los efluentes de lagunas con plantas presentan, en términos generales, concentraciones bajas de oxígeno, debido a que la cubierta de hojas impide la producción fotosintética de las algas. Esto puede solucionarse incorporando un dispositivo que genere movimiento en el agua, o permitiendo que el efluente se recupere en un recorrido previo -como una pequeña caída- antes de ser finalmente vertido en el cuerpo de agua receptor. Sin embargo, de esta manera se incrementan los costos de operación.

Los cultivos de jacintos y de otras especies son hábitats favorables para la proliferación de

Tabla 1. Comparación del contenido nutricional de jacintos y pastos.

CONTENIDO NUTRICIONAL	ESPECIE			
	Jacintos en agua residual ¹	Pasto Pará ²	Pasto Elefante ²	Pasto Imperial ⁴
Proteína total	18,1	10,57	8,51	7,08
Grasa	1,9	1,86	1,81	1,13
Fibra	18,06	27,77	29,01	31,63
Carbohidratos	44,8	9,99	13,56	8,14
Fósforo	0,6	0,37	0,32	0,08

* Porcentaje en peso seco.

(1) REED, 1988

(2) (3) y (4) ICA. St. Datos obtenidos en las condiciones óptimas para cada especie.



Figura 4. El trópico: rico en especies promisorias para el tratamiento de aguas residuales.

insectos, algunos de los cuales pueden ser portadores de enfermedades animales y humanas. Sin embargo, este problema se ha resuelto en muchos sistemas con la cría de peces como *Gambusia* spp. que predan las larvas del mosquito y limitan así la reproducción de los insectos.

Un potencial para Colombia

En Colombia se han realizado ya diversos trabajos sobre este tema, pero puede decirse que el tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas no es todavía un campo de investigación como tal. Paradójicamente, es en el trópico donde estos sistemas se muestran más promisorios; por una parte, la ausencia de estaciones climáticas es una condición muy favorable para su operación: en países templados, donde se ha desarrollado la mayor parte de las investigaciones, las bajas temperaturas y la menor intensidad de la radiación solar en el invierno destruyen periódicamente todo el material vegetal y hacen necesario reiniciar el proceso cada año. Además, la posibilidad de encontrar especies potencialmente utilizables para el tratamiento de aguas residuales es mucho mayor en el trópico, en razón de su mayor diversidad biológica.

Dentro de los estudios realizados hasta el momento pueden citarse los de Arjona¹ y Baena², quienes utilizaron especies de pastos con la técnica de la película nutriente para el tratamiento de aguas residuales domésticas; el de López⁹, quien estudió varias especies de pastos para el tratamiento de aguas residuales del beneficio del café; Flórez⁴, quien utilizó *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* para el tratamiento de los efluentes de una industria metálica, y Valderrama²⁰, quien usó *Eichhornia crassipes* y *Limnobium laevigatum* para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales.

Los resultados de estos estudios son alentadores, pero hace falta no sólo un mayor volumen de trabajos, sino continuidad en los mismos. Es posible además, a juzgar por las pocas publicaciones colombianas sobre el tema, que muchos trabajos empíricos o de investigación para la solución de problemas locales no hayan sido divulgados.

Los sistemas de tratamiento con plantas acuáticas son relativamente sencillos de construir y de operar y no requieren para su funcionamiento de grandes insumos de energía o maquinaria ni de personal especializado. Es ésta otra razón por la cual debería considerarse la posibilidad de utilizarlos como solución alternativa para muchos problemas de contami-

nación acuática en el país. En muchos casos, el deterioro de las fuentes por vertimiento de residuos líquidos obedece en Colombia a falta de recursos económicos, técnicos o humanos para poner en marcha los sistemas de tratamiento convencionales. Por último, la operación de múltiples sistemas pequeños como éstos, que traten vertimientos puntuales, puede ser

menos costosa y más fácil de manejar que un gran proyecto para la recuperación de un cuerpo de agua deteriorado.

Está, pues, abierta la posibilidad de introducir estos sistemas en nuestro país como una alternativa de solución al problema de la contaminación acuática.



Bibliografía

1. Arjona, B. Evaluación de un cultivo hidropónico de *Pennisetum clandestinum* Hochst. (kikuyo) como tratamiento biológico de aguas residuales domésticas. Tesis de grado (bióloga). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1987
2. Baena, S. Evaluación del poder depurador de la Técnica de la Película Nutriente (TPN) en la estación de bombeo de aguas residuales El Salitre. Santafé de Bogotá. Tesis de grado (bióloga). Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. 1986.
3. Bishop, P. & Eighmy T. Aquatic wastewater treatment using *Elodea nuttallii*. *Journal of Water Pollution Control Federation*. Vol.61. No.5. 641-648, 1989.
4. Flórez, A. Remoción de contaminantes de aguas residuales con macrófitas acuáticas. Universidad de Córdoba, Montería. Colombia. 1992.
5. Handley, L. Sf. Macrophytes for wastewater renovation: processes, methods and research needs. Water Resources Research Center, University of Hawaii. Honolulu.
6. Instituto Colombiano Agropecuario. Sf. Gramíneas y leguminosas forrajeras de Colombia. Manual de asistencia técnica. No. 10.
7. Johnson, A. Assessment of internal contamination problems associated with bioregenerative air/water purification systems. SAE Technical Paper Series. No. 901379. July 9-12. 6, 1990.
8. Lienard, A. et al. Coupling of reed bed filters and ponds: an example in France. *Water Science Technology*. Vol 28. No. 10; 159-167, 1993.
9. López, M. y P. Molina. Ensayos hidropónicos exploratorios para depurar aguas del beneficio del café. Facultad de Química. Universidad Nacional de Colombia. Federación Nacional de Cafeteros, Laboratorio de Investigaciones para la Química del Café. LICQ. 1988.
10. Lord, R. Uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. Washington: Thomas S. Shorr. 1982.
11. McAnally, A. and Benefield, L. Use of constructed water hyacinth treatment systems to upgrade small flow municipal wastewater treatment facilities. *Journal of Environmental Science of Health*. Vol. A27 No. 3; 903-927, 1992.
12. McDonald, R. and Wolverton, B. 1980. Comparative study of wastewater lagoon with and without water hyacinth. *Economic Botany*. Vol. 34. No. 2; 101-110, 1980.
13. National Academy of Sciences. Making aquatic weeds useful: some perspectives for developing countries. 1 ed. Washington: Library of Congress, 1976.
14. Reddy, K. and Tucker, J. Productivity and nutrient uptake of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*. I. Effect of nitrogen source. *Reimpreso de Economic Botany*. Vol. 37. No. 2. (Apr/Jun); 237-247, 1983.
15. Reddy, K. and DeBusk, W. Growth characteristics of aquatic macrophytes cultured in nutrient-enriched water: I. Water hyacinth, water lettuce and pennywort. *Reimpreso de Economic Botany*. Vol. 38. No. 2 (Apr/Jun); 229-239, 1984.
16. Reddy, K. and DeBusk, T. State-of-the-art utilization of aquatic plants in water pollution control. *Water Science and Technology*. Vol 19. No. 10; 61-79, 1987.
17. Reddy, K. et al. Oxygen transport through aquatic acropytes: the role in wastewater treatment. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 19. No. 2 (Apr/Jun); 261-267, 1990.
18. Reed, S. Natural systems for waste management and treatment. 1 ed. New York: McGraw-Hill; 297, 1988.
19. Romitelli, M. Remoção de fósforo em efluentes secundários com emprego de macrofitas do gênero *Eichhornia*. *Revista DAE*. No. 133. 66-88, 1983.
20. Valderrama, L. Utilización de *Typha* cf. *angustifolia*, *Eichhornia crassipes* y *Limnobium laevigatum* como alternativa para mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales de ALPINA S.A. Tesis de grado (bióloga). Universidad Javeriana. Santafé de Bogotá, 196, 1995.
21. Wolverton, B. Water hyacinths for upgrading sewage lagoons to meet advanced wastewater treatment standards. Part I. NASA Technical Memorandum TM-X-72729. (Oct) 8, 1975.
22. Wolverton, B.; Barlow, R. and McDonald, R. Application of vascular aquatic plants for pollution removal, energy and food production in a biological system. Joachim Tourbier and Robert Pierson, Jr (Eds). University of Pennsylvania Press; 9, 1976.
23. Wolverton, B. & R. McDonald. Nutritional composition of water hyacinths grown on domestic sewage. *Economic Botany*. Vol 32. No.4. 363-370, 1978.
24. Wolverton, B. Microorganisms and higher plants for wastewater treatment. *Journal of Environmental Quality*. Vol 12. No. 2. 236-242, 1983.
25. Wolverton, B. Aquatic plant wastewater treatment systems. Presented at: Mobil Bay Audubon Society Annual Banquet. Mobile, Alabama. (May 6) 10, 1988.
26. Yeoh, B. Use of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in upgrading small agroindustrial wastewater treatment plants. *Water Science Technology*. Vol 28. No. 10; 207-213, 1994.

Los retos de la informática musical

Camilo Rueda

Profesor investigador,
Universidad Javeriana de Cali,
Cali, Valle, Colombia.
e-mail: crueda@atlas.ujavcali.edu.co

El uso de la tecnología computacional en la música se ha venido desarrollando vertiginosamente en los últimos diez años. Prácticamente cualquier computador personal posee en la actualidad dispositivos y programas de manipulación del sonido. Tanto como la imagen, la música empieza a hacer parte fundamental del entorno que identifica el llamado *mundo computacional*. En comparación con las máquinas de hoy, el computador de hace una década parece extrañamente frío, distante y mudo. La música ha entrado a ser juez (y parte) del avance de la tecnología de los computadores. La calidad y flexibilidad de la reproducción del sonido pueden ser criterios de evaluación de una máquina, tanto como su poder para el tratamiento de imágenes. Por otro lado, cada vez es más evidente también la presencia de la tecnología computacional en distintos aspectos del arte musical. La música popular de hoy es prácticamente inconcebible sin el uso, por razones que desafortunadamente rara vez tienen que ver con el arte, de dispositivos electró-



nicos de síntesis y transformación del sonido. Más importante, o al menos más polémica, es la presencia creciente de los computadores en la llamada, con poca fortuna, música «culta» contemporánea. La mayoría de los grandes compositores contemporáneos han sido atraídos por las posibilidades de la tecnología computacional en diferentes aspectos del proceso de construcción y ejecución de una obra musical. Matrimonio de amor o de conveniencia, lo cierto es que la música y el computador se encuentran hoy en día indiscutiblemente ligados. Este artículo pretende realizar un recorrido por los diferentes campos novedosos de investigación que se han abierto, tanto en el arte como en la ciencia, gracias a la asociación de la tecnología computacional con la música. La perspectiva general del análisis se centra en la frontera de interacción entre la composición musical y la computación, área ésta en la que surgen con mayor relieve las ideas, estrategias y compromisos que han ido formando



nuevas conceptualizaciones del universo musical y nuevos retos tecnológicos.

Para muchas personas, el acercamiento entre la ciencia y el arte tiene siempre visos de intromisión. El arte es concebido como perteneciente a la categoría de la intuición, de lo irracional.

Justamente, los dominios de los que la ciencia se separa en actitud deliberada. Los más benevolentes piensan que esta pretensión de unir el agua y el fuego no conducirá a ningún desarrollo significativo. En el caso de la música, por ejemplo, muy pocos adelantan reparos a la profusión de tecnología en los medios de reproducción sonora, mientras que muchos, en contraste, objetarían el empleo de esa misma tecnología en la *creación* de lo que escuchan. Se impone entonces, al menos, una mínima argumentación sobre la pertinencia de ese vasto campo de investigación que se conoce hoy bajo el nombre de *informática musical*.

El agua y el fuego

«Concientes de estas formas de progreso e investigación [de la nueva tecnología] y enfrentados al mismo tiempo con el estancamiento en el mundo de los instrumentos musicales, los espíritus musicales aventureros han pensado en torcer la situación en su provecho. A través

de una intuición a la vez cierta e insegura -segura de su dirección, pero insegura de sus resultados- han supuesto que la tecnología moderna puede utilizarse en la búsqueda de una nueva instrumentación.»¹.

La invención musical ha enfrentado desde siempre el problema de la relación entre la imaginación del compositor y la realización en sonidos de sus ideas. A lo largo de toda la historia musical, hasta comienzos del siglo XX, la invención y el perfeccionamiento de los instrumentos musicales se desarrolla en respuesta a los nuevos requerimientos de la imaginación musical. Al mismo tiempo, el trabajo innovador de los fabricantes de instrumentos y de los intérpretes, al extender las posibilidades sonoras de los instrumentos, determina en no pocas ocasiones el surgimiento de nuevas ideas musicales. Durante estas épocas, la tecnología se nutre de conocimientos cada vez más sofisticados de la física del sonido, que los artesanos materializan en instrumentos musicales con nuevas características sonoras. Este nuevo material ilumina, por así decirlo, insospechadas perspectivas de composición. El músico no necesita conocer en detalle la física del sonido o los pormenores de fabricación del instrumento. Disfruta indirectamente de ese conocimiento a través de la intuición de nuevos caminos que se abren a su imaginación artística.

La simbiosis entre los oficios del compositor y de la tecnología instrumental se rompe en el siglo XX. El «mercado» de la música deja de considerar las obras de la época para volcarse casi con exclusividad en la reinterpretación de obras representativas bien conocidas del pasado. La fabricación de instrumentos sigue entonces -cuestión de supervivencia- la misma tendencia en la replicación de instrumentos de otras épocas. El compositor contemporáneo encuentra rápidamente un abismo entre sus perspectivas cada vez más novedosas del universo sonoro y los medios de que dispone para materializarlas. La creciente masificación del mercado del arte, que encuentra más fáciles recursos en el repertorio histórico, aleja entonces al artista de su material y al público del arte de su época. En la década de los setenta, la mayoría de los más sobresalientes compositores entrevieron en el uso de la naciente tecnología computacional, como lo anota Boulez, la manera de sacar provecho del conflicto. El computador parecía la herramienta indicada para llenar el vacío instrumental.

El uso de la tecnología computacional en la música se inicia, pues, sin artificios, con el fin bien preciso de colmar una necesidad artística. Se trata de configurar en el computador un

instrumento musical. ¿Cuál instrumento? La intuición del músico responde: uno cualquiera y todos. El que requiera la imaginación musical del momento. La ambición, que se explica en el reconocido carácter «universal» del computador, impone un gran reto tecnológico, imposible quizá de anticipar en la época, que habrá de conducir a la vez a un mejor conocimiento de las posibilidades musicales del material sonoro y al desarrollo de nuevos campos de investigación en informática. Es la danza recobrada del arte y la tecnología musicales.

La liberación del sonido

¿Qué hacer musicalmente frente a la infinidad potencial de los sonidos? Imaginemos la plaza central de una ciudad populosa en la hora de mayor afluencia. En medio de la plaza, el compositor John Cage, sentado en silencio ante

cualquier sonido imaginable. Pero esta nueva variedad de sonidos debe no sólo ser realizable, debe también ser *integrable* a la imaginación artística del compositor. El músico debe conocer con precisión la adaptabilidad de cada sonido a situaciones musicales particulares, debe intuir sus características fundamentales, tanto como su potencial de transformación. Sonidos enteramente nuevos, alejados de toda connotación musical heredada por la tradición cultural, deben poderse enmarcar dentro de las categorías fundamentales (melodía, armonía, ritmo, timbre) del lenguaje musical. De otra forma permanecerían, a lo sumo, en el ámbito de los «efectos especiales», sin potencial alguno de estimulación del pensamiento musical. Se debe entonces no sólo construir la tecnología que materialice, organice y simbolice cualquier sonido. También el lenguaje musical debe elaborarse para integrar el nuevo material propuesto por la tecnología.

En lo que concierne a la manipulación del sonido, el reto tecnológico planteado a la informática por la música puede comprenderse en tres etapas, *almacenamiento*, *modelo acústico* y *modelo musical*, (figura 1). La primera etapa busca obtener una representación numérica que permita almacenar el sonido en el computador, lo que se logra mediante un proceso de *conversión* de la señal física en una serie de números que identifican «muestras», a manera de fotografías, de la evolución de la intensidad del sonido. Estas muestras conforman el nivel más básico de representación, esencialmente una *copia* digital de la señal,

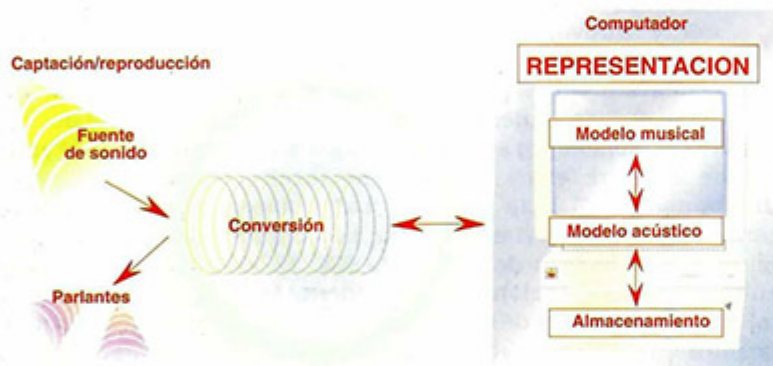


Figura 1. Trayectos en la instrumentación del sonido en el computador.

un gran piano de cola, mira fijamente la cubierta de madera. En un momento preciso abre rápidamente la tapa para dejar al descubierto las teclas y coloca las manos sobre ellas, sin tocarlas. Permanece en esa posición durante treinta y siete segundos. Cierra entonces enérgicamente la tapa, se levanta y hace una venia para responder a los aplausos (que no faltan). La obra, ciertamente pletórica de sonidos urbanos, es una de las más conocidas de Cage. Su interés nos lleva a nuestro interrogante inicial, el cual adquiere especial pertinencia considerando las perspectivas que abre la tecnología computacional.

El computador podría, en principio, convertirse en el instrumento de producción de

en la que no interviene ningún proceso de *interpretación* musical.

La segunda etapa es la «microcirugía» del sonido. Se trata de analizar el evento sonoro almacenado, auscultarlo con herramientas de medición apropiadas. Las herramientas son en este caso formalismos matemáticos instrumentados en el computador. Los formalismos establecen un *modelo acústico*, esto es, un punto de vista particular del fenómeno sonoro que privilegia ciertos aspectos en su descripción. Para el modelo acústico, esos aspectos, llamados *parámetros*, constituyen la más sucinta representación fidedigna del sonido. El interés del modelo acústico es el de propor-

cionar una descripción compacta y operativa del fenómeno sonoro.

La tercera etapa pretende construir en el computador una descripción operativa de la imagen musical que tiene el sonido para el compositor. El músico concibe el sonido a la vez como realidad acústica y como unidad básica de su lenguaje musical. Debe ser susceptible de transformarse, de combinarse o de contrastarse con otros. Su descripción se ubica en un nivel diferente al del modelo acústico. Lo que interesa es la potencialidad del sonido para «insertarse» en una situación musical particular, su maleabilidad en cuanto a las direcciones de desarrollo que propicia. El *modelo musical* es un conjunto de programas de computador que describen el sonido bajo aquellos aspectos que privilegia, en un contexto particular, la imaginación musical del compositor.

La relación entre estas tres etapas puede ilustrarse mediante analogía con la conducción de un avión. En una primera etapa, éste es representado por un amplio conjunto de elementos manipulables (aleros, timón, frenos y otros) y su interrelación. La segunda etapa determina los aspectos observables, en el desarrollo de una serie de dispositivos que activan, controlan y observan los elementos de la primera etapa. El avión es redefinido como la interrelación de los nuevos elementos. En la tercera etapa, la representación del avión son los controles y medidores a disposición del piloto en la cabina; cada uno de ellos opera con una gran cantidad de elementos de la etapa anterior.

En el caso de la música existe una complicación adicional en el hecho de que el compositor no sólo «conduce» el sonido sino que también lo fabrica. Debe, en cierta medida, conocer detalles de todas las etapas o, al menos, estar familiarizado con el lenguaje de representación en cada una de ellas. Para la informática esto plantea un gran reto tecnológico, como es la elaboración de un lenguaje integrado de construcción y manipulación del sonido. La dificultad radica en que los formalismos de descripción en cada etapa son fundamentalmente diferentes y en que la comunicación entre ellas debe ser de doble vía. La liberación del sonido conlleva la solución de

problemas computacionales extremadamente complejos. En la siguiente sección se exploran algunas rutas que ha tomado la investigación en este dominio.

Concebir, analizar, sintetizar el sonido

El problema tecnológico planteado por la etapa de almacenamiento del sonido puede decirse que está en buena parte resuelto, simplemente por la creciente velocidad y capacidad de los computadores. Almacenar sonido requiere mucha velocidad y mucho espacio. Velocidad, porque para representar adecuadamente la señal es necesario tomar unas cuarenta mil «muestras» por segundo, y espacio, porque almacenar cada muestra requiere al menos dos dígitos. Cinco minutos de sonido, por ejemplo, demandan unos doce millones de dígitos.

En la segunda etapa, construcción del modelo acústico, las cosas son menos claras. Existen fundamentalmente dos tipos de técnicas. Una, *modelo de señal*, busca representar directamente el efecto auditivo de la señal sonora. La otra, *modelo físico*, pretende representar, en cambio, la física del cuerpo que emitió el sonido.

El modelo de señal que se emplea con mayor frecuencia, llamado *análisis/síntesis de Fourier*, es el que concibe cualquier sonido como una superposición particular de ondas sinusoidales. La representación consiste en los parámetros (frecuencia, amplitud, fase) que condicionan la evolución de cada componente sinusoidal. El número de ondas sinusoidales y la exactitud en la evolución de sus parámetros determina la calidad del sonido que es posible reproducir mediante esta técnica. Su gran ventaja es la posibilidad de ajustar con precisión las características de cada componente y, por ende, la flexibilidad para construir sonidos. Imágenes tridimensionales en el computador de la evolución de los componentes sinusoidales de la señal ofrecen al músico un entorno adecuado de experimentación. Hay, sin embargo, dos desventajas fundamentales. Una es la gran cantidad de cálculos que es necesario realizar para conformar el sonido a partir de los parámetros de evolución de las ondas sinusoidales. Esta dificultad se vuelve crítica en situación de concierto, cuando es nece-



Composición y Cálculo

La construcción de la partitura de una obra musical es un trabajo de gran envergadura. Comprende la identificación de una serie de procesos musicales cuya evolución guiada determina la forma de la obra, junto con una elaboración en detalle de cada uno de ellos, sus conexiones y sus transformaciones. Un proceso puede ser, por ejemplo, la forma de aceleración de un ritmo particular. Los procesos toman diferente forma según la estética particular del compositor.

Existen fundamentalmente dos estrategias de construcción de procesos musicales. Una, que podría llamarse funcional, procede identificando los valores de una serie de parámetros musicales que conforman el material de partida y calculando luego las transformaciones de ese material en una serie

de etapas. Por ejemplo, los diferentes ritmos que se desean formar en cada etapa de una trayectoria de aceleración de la música.

La otra estrategia podría llamarse relacional. Consiste en definir un conjunto de reglas a las que se pretende acomodar un conjunto dado de parámetros musicales. La elaboración del proceso consiste en encontrar valores para los parámetros, de forma que se satisfagan todas las reglas. En este caso, ni el material de base ni las operaciones están dadas de antemano. Lo que se busca es justamente encontrar el material y las operaciones que darán lugar a transformaciones que obedecen a las reglas predefinidas. Las reglas implantan usualmente principios fundamentales del lenguaje musical, por ejemplo las condiciones para los movimientos melódicos, armónicos y rítmicos en una determinada situación.



Tanto en la estrategia funcional como en la relacional, es difícil concebir la elaboración de los procesos musicales sin el apoyo de la tecnología. En el caso funcional, la dificultad reside en la complejidad de las operaciones de transformación. Un ejemplo ilustrativo son las obras del compositor francés Tristan Murail. Su procedimiento consiste en utilizar primero el modelo de señal para obtener la descomposición de un sonido básico, por ejemplo, el de una trompeta, en los componentes de frecuencia que lo identifican. El siguiente paso es encontrar, para cada uno de estos, la nota musical cuya altura más se aproxime a la frecuencia del componente. Este conjunto de notas conforma un acorde (notas que se tocan simultáneamente) de base. Luego se aplican diferentes trayectorias a las frecuencias de los componentes del

sario calcular el sonido «en tiempo real», esto es, producir cada segundo de sonido en mucho menos de un segundo. Otra es la imposibilidad de representar adecuadamente el componente de ruido de la señal sonora. Paradójicamente, el ruido es fundamental en el sonido musical. La cualidad perceptiva de un sonido de flauta, por ejemplo, está determinada en gran medida por el ruido del aire y las teclas en el tubo. Sin él, su sonido es frío y «electrónico». Un activo campo de investigación es la búsqueda de formalismos para incluir la representación del ruido en los modelos de señal.

La técnica de modelamiento físico más empleada (*síntesis modal*) busca representar los *modos* de resonancia del cuerpo que emite el sonido. Se modela cada punto en que el sonido resuena en el cuerpo del instrumento como una

pequeña masa, y al instrumento en sí como una red de tales masas. El lugar y la forma en que se «toca» esta red determina un comportamiento en la vibración de la misma, asociado con la forma de la señal sonora que se produce. En el computador, esta técnica usa bancos de «materiales» (cajas de madera, arcos, cuerdas y otros) que contienen representaciones modales de los mismos, utilizables como «materia prima» para la construcción del instrumento. Se pueden producir sonidos de gran calidad acústica, sin la marca de «sonido electrónico». Su dificultad está en la manipulación por parte del músico, quien debe poder *construir* el sistema modal del instrumento que imagina. Esto plantea otro activo campo de investigación, que busca idear herramientas computacionales que ayuden al músico a construir y operar el modelo físico de un instrumento.

sonido de partida, y se observan los valores correspondientes en un cierto número de etapas de la trayectoria. El conjunto de valores de frecuencia en cada etapa se aproxima a notas, tal

como al principio. El resultado es una serie de acordes cuyas notas se interpretan por diferentes instrumentos de la orquesta. El efecto que logra así el compositor es el de un sonido orquestal

que guarda siempre el carácter brillante del sonido de la trompeta. Algo así como tocar toda la orquesta a manera de gran trompeta.

El aporte de la informática en este caso, además del análisis del sonido, está en las herramientas gráficas de programación con las que el compositor puede expresar las trayectorias y ajustes que definen los procesos musicales en un lenguaje intuitivo. El lenguaje PatchWork¹ (figura 2) es un ejemplo de este tipo de herramientas.

La estrategia relacional, por otra parte, presenta dificultades aun mayores porque el músico no expresa las operaciones en forma analítica, sino que lo hace indirectamente a través de las propiedades que espera posean los objetos musicales calculados (figura 3). Cuando el número de propiedades es grande, encontrar elementos que las satisfagan todas puede ser completamente imposible sin ayuda del computador. La instrumentación en el computador de este tipo de estrategias es uno de los dominios más activos del área de la informática,

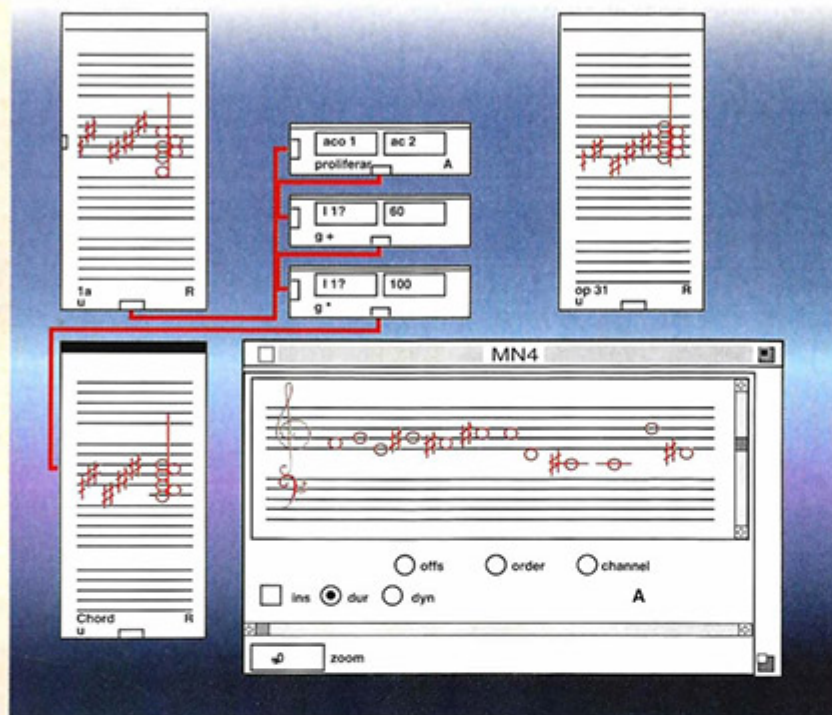


Figura 2. Construcción funcional de procesos musicales

La tercera etapa (modelo musical) comunica los parámetros de los modelos de análisis/síntesis con el lenguaje musical del compositor. El músico imagina un sonido con ciertas características físicas y posibilidades de interacción e integración musicales, y con ello da lugar a un modelo en el que los controles afectan directamente esas características («rugosidad», «disonancia», «armonicidad», «resonancia»). La elaboración del modelo musical sigue un dispendioso proceso de «prueba y error». Restan por hacer algunos formalismos, técnicas, herramientas y lenguajes computacionales que faciliten esta tarea.

La música no es solamente la construcción de un conjunto de sonidos. Hasta mediados del presente siglo, la realidad física

del sonido se representó en la escritura musical mediante tres parámetros (*altura*, *intensidad* y *duración*), abstracciones de sus múltiples características físicas, para los cuales la cultura musical de Occidente ha desarrollado en las partituras musicales una notación de gran eficacia y plasticidad. La caracterización del sonido musical requiere definir un sistema de símbolos, mediante cuya combinación el compositor concibe los sonidos, e integrar estos últimos en dicho sistema. Los *sistemas de ayuda a la composición musical* (ver recuadro) son herramientas computacionales que colaboran en la construcción del sistema de símbolos de una composición.

denominado inteligencia artificial. La gran dificultad radica en que esta manera de calcular elementos conociendo solamente las propiedades que deben poseer es uno de los problemas

reputados como "difíciles" en la computación. Para su solución se debe apelar a técnicas ingeniosas, llamadas de insatisfacción de restricciones.

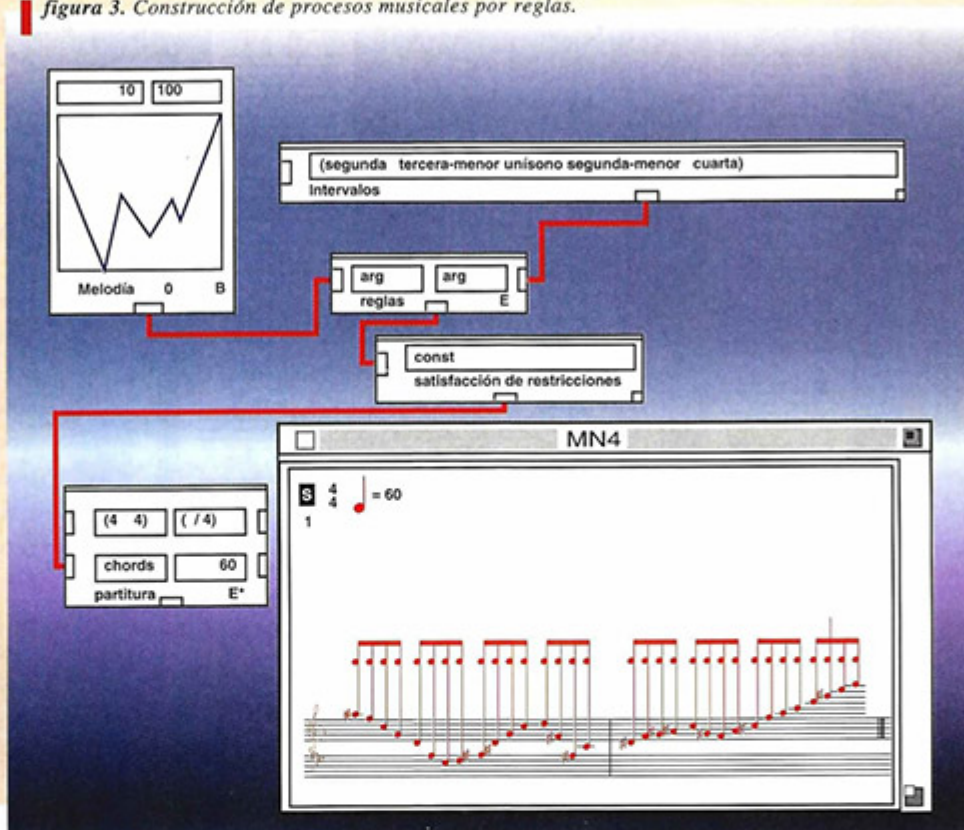
Un buen ejemplo es la construcción de la obra *Epitaph*, del compositor francés Antoine Bonnet². Para una pequeña sección de la obra se deben calcular cien notas en cada una de cuatro voces. La melodía en cada voz debe satisfacer una serie de restricciones precisas sobre su forma de evolución. A la vez, los encuentros de las notas de voces diferentes, vistos verticalmente como acordes, deben cumplir propiedades armónicas definidas. La obtención de un resultado satisfactorio, que por lo demás

invariablemente es "retocado" a mano por el compositor, puede tomar un día entero de cálculo en el computador.

¹PatchWork es un entorno computacional de ayuda a la composición musical, construido en el IRCAM (Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique), en París, por Mikael Laurson, Jacques Dufrenoy y el autor.

²Compuesta con ayuda de una herramienta computacional llamada Situation, construida en el IRCAM en 1993 por el compositor Bonnet y por el autor.

figura 3. Construcción de procesos musicales por reglas.



Conclusiones

La evolución del arte musical está cada vez más ligada al empleo de la tecnología computacional. El anhelo del músico de integrar en su lenguaje compositivo la totalidad del universo sonoro lo lleva a concebir principios de control del material musical que son únicamente viables instrumentados en el computador. La construcción y manipulación de complejos sonoros, su articulación en la combinatoria de los símbolos de una partitura, constituyen preocupaciones del arte musical inseparables ya de la tecnología.

Por otra parte, el científico de la computación, en su fascinante papel de artesano instrumental, encuentra con particular relieve ejemplos de los más complejos problemas tecnológicos. Las distintas capas jerárquicas necesarias en la

representación del sonido, sus interacciones, la concepción de lenguajes computacionales para la definición de procesos musicales, la instrumentación de lógicas formales del tiempo musical, constituyen retos fascinantes que lanzan el arte a la ciencia de la computación.



¹Pierre Boulez, *Times Literary Supplement*, Mayo 6 1977.

Referencias

1. Curtis Roads. « *The Computer Music Tutorial* ». MIT Press, 1996
2. Assayag, G., Rueda, C. « *The Music Representation Project at IRCAM* ». ICMC, Tokio, Japón, 1993

Fundación Corona

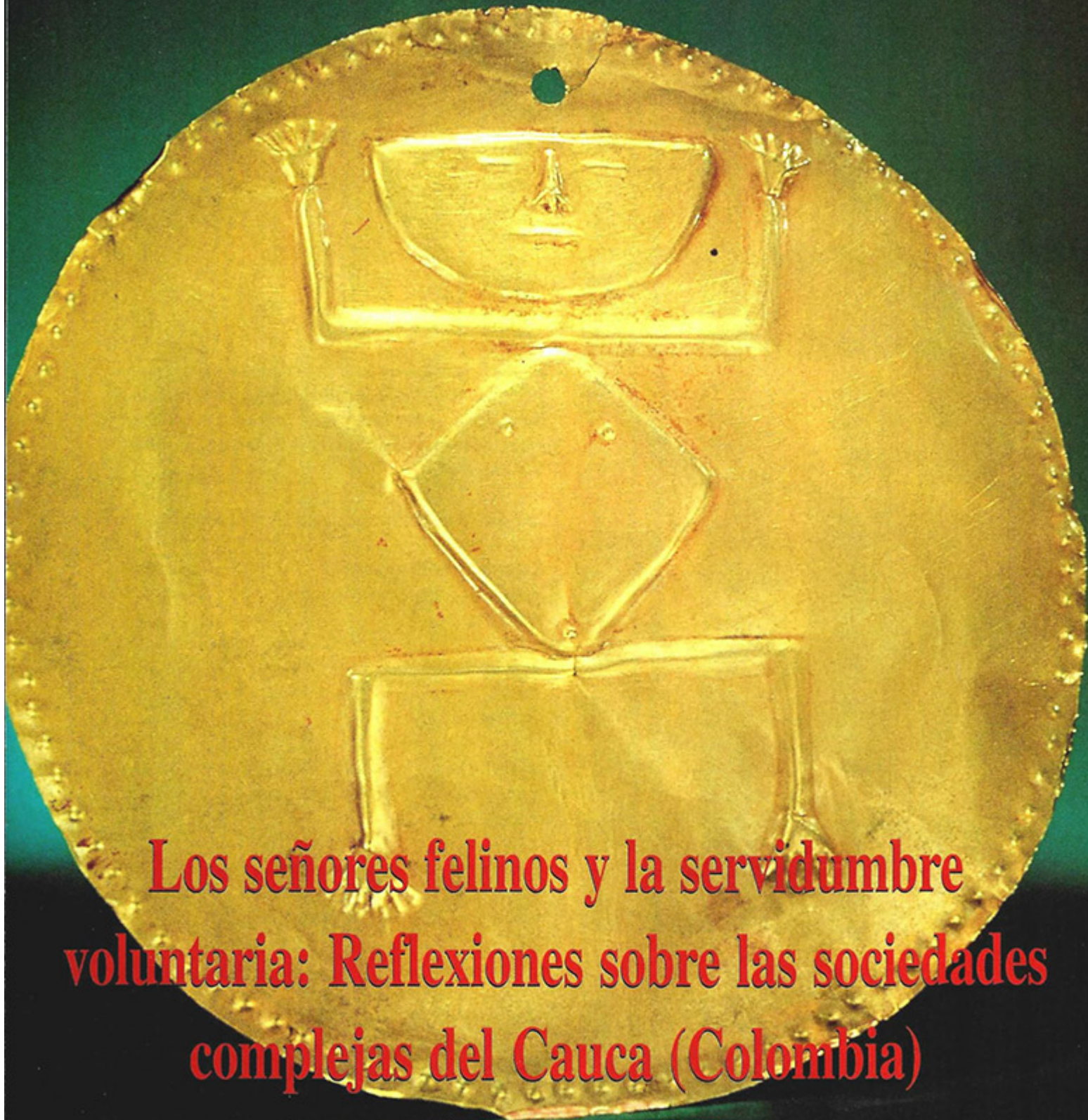


La FUNDACIÓN CORONA contribuye al progreso del país mejorando la calidad de la gestión de los procesos sociales y facilitando el acceso de la población menos favorecida a los beneficios que genera el desarrollo.

Con este propósito trabaja en las siguientes áreas :

- **Desarrollo Empresarial:** Crea y fortalece instituciones y programas de apoyo a la micro y pequeña empresa.
- **Educación:** Contribuye a mejorar la calidad de la educación básica y la pertinencia de la formación para el trabajo.
- **Salud:** Mejora la Gestión Hospitalaria y el acceso de la población menos favorecida a los servicios de salud.
- **Gestión Local y Comunitaria:** Fortalece la capacidad de gestión tanto de las comunidades organizadas como de los gobiernos locales.

FUNDACIÓN CORONA
Calle 100 No. 8A-55 - Torre C - Piso 9
Teléfono: 610 5555 - Fax: 610 7620 - Bogotá
fc005000@inter.net.co



**Los señores felinos y la servidumbre
voluntaria: Reflexiones sobre las sociedades
complejas del Cauca (Colombia)
en el siglo XVI**

Roberto Pineda Camacho
Profesor,
Departamento de Antropología,
Universidad Nacional de Colombia y Universidad de los Andes,
Santafé de Bogotá, Colombia.
e-mail: rcol@uniandes.edu.co

“ ... Estoy convencido de la subjetividad del discurso histórico, de que este discurso es el producto de un sueño, de un sueño que, sin embargo, no es totalmente libre, ya que las grandes cortinas de las imágenes de las que está hecho se deben colgar obligatoriamente con clavos que son las huellas de las que hemos hablado. Pero entre estos clavos, el deseo se insinúa.”

George Duby

Diálogo sobre la historia

(1988, p. 44)

Los cacicazgos del Cauca

Las culturas indígenas que vivían en el siglo XVI en la región central y meridional del río Cauca, en Colombia, han suscitado diversa atención desde la época colonial y republicana por su variada y rica producción orfebre y por la existencia de verdaderos señores que regían densas aldeas protegidas por empalizadas, rodeadas de plantíos de maíz, yuca, batata, palmas y árboles frutales.

Los señores, o caciques, comerciaban oro, sal y esclavos, y portaban, como símbolo de su poder, diademas de oro y cetros de plumas; y vestían trajes bordados en oro; y cuando se desplazaban eran llevados en literas o hamacas, ya que no debían tocar el piso. Poseían numerosas mujeres y esclavos: estos últimos debían trabajar en la extracción aurífera en los filones de la cordillera, sacar sal o labrar sus campos de cultivo. Poseían, al parecer, una corte que se desplazaba con ellos, y tenían el privilegio de sentarse en ciertos butacos o bancos. La sociedad se encontraba jerarquizada; algunos ocupaban las funciones de “mayordomos”, músicos, mensajeros e intérpretes.

A pesar de la ineludible proyección ideológica presente en la retórica colonial, es preciso resaltar como H. Trimborn -el etnólogo alemán que los describió con profundidad y detalle- que “los conquistadores vieron a estos señores con sus propios ojos, y por muy convencidos que estuvieran de su propia superioridad no podían menos que sentirse impresionados por estas personalidades soberanas”¹².

Pero los adelantados, soldados y cronistas también quedaron impresionados -aunque de mala manera- con la presencia de calaveras y otros restos humanos, y con la existencia de plataformas y sitios de sacrificio en las aldeas y alrededores de sus casas. Podría pensarse, con razón, que esta representación sea también un invento de los peninsulares, que expresa sus propios mitos y temores frente a lo americano, herencia de una arraigada mentalidad que se remonta a la antigüedad clásica; igualmente, que fue una manera de legitimar las diversas prácticas de exterminio que ejercieron contra la población indígena hasta casi extinguirla; o también el efecto de la estrategia de las mismas poblaciones nativas para amedrantar a los peninsulares. Sea como fuere, en la historia colonial y republicana, los pueblos del Cauca alcanzaron la fama de grandes orfebres y la de inveterados canibales.

Las sociedades del Cauca, sus caciques dorados y su canibalismo no tienen, sin embargo, una relevancia exótica. El análisis de sus formas

Las sociedades
cacicales tardías
reflejan cambios
importantes
en sus
estructuras
sociales
y culturales.

de funcionamiento -posible gracias a los documentos que nos legaron los cronistas y a las excavaciones arqueológicas- quizás nos permita comprender aspectos fundamentales de las sociedades prehispánicas complejas del suroccidente de Colombia, lo mismo que de otras zonas del país caracterizadas por una peculiar estructura política denominada señorío o cacicazgo, que combina de manera peculiar rangos sociales con formas igualitarias. En efecto, el estudio de la posición y funciones de sus señores (caciques), de las prácticas del canibalismo, de la momificación, etc., nos ayuda a entender la naturaleza de estas sociedades; a pensar sus especificidades, sus posibilidades, sus formas de funcionamiento como sociedad compleja.

Desde el punto de vista arqueológico, las culturas del suroccidente han recibido una notable atención; gracias al trabajo de diversos arqueólogos, su historia se ha caracterizado en cuatro grandes periodos. El primer periodo estuvo marcado por la presencia de sociedades de cazadores recolectores y comunidades hortícolas (10.000 - 4.000 AP); el segundo periodo se caracteriza por el surgimiento de "sociedades cacicales tempranas" (5.500 - 2.700 AP); durante el tercer periodo estas sociedades alcanzaron su auge y florecimiento (2.700 - 1.500 AP); la última fase se destaca por la presencia de otro tipo de sociedades denominada: "cacicazgos tardíos" (2.500 - 400 AP)¹⁰. Dicho proceso histórico está marcado por rupturas y notables continuidades, y por la presencia de diversas tradiciones locales y regionales que coexistieron e interactuaron.

Las sociedades cacicales tardías reflejan cambios importantes en sus estructuras sociales y culturales. En su seno también deben distinguirse diversas tradiciones regionales y locales. A partir de 800 AP se presentaron, así mismo, algunas modificaciones relevantes en su sistema social, sin perderse cierta continuidad histórica: se conformaron las "culturas Sonso II, Quebrada Seca y Quimbaya tardío II, cuyos portadores fueron las comunidades étnicas que encontraron los españoles a su llegada al suroccidente colombiano en la primera mitad del siglo XVI", pág.235¹⁰,

que sorprendieron, como ya observamos, a los conquistadores.

El antropófago y la inmortalidad

Los primeros testimonios legados por los cronistas españoles asocian con algunas excepciones a los caciques de la región del medio y el alto Cauca con la antropofagia. Por ejemplo, con relación a los caciques de Anserma, Cieza de León anota:

"Los señores o caciques y sus capitanes tienen casas muy grandes, y a las puertas dellas

Figura 1



puestas unas cañas muy gordas de las destas partes, que parecen vigas; encima dellas tienen puestas muchas cabezas de sus enemigos. Cuando van a la guerra, con agudos cuchillos de pedernal, o de unos juncos o de cortezas o cáscaras de cañas, que también los hacen dellas bien agudos, cortan las cabezas a los que prenden. Y a otros dan muerte temerosas cortándoles algunos miembros, según su costumbre, a los cuales comen luego, poniendo las cabezas, como he dicho, en lo alto de las cañas. Entre estas cañas tienen puestas algunas tablas, donde esculpen la figura del demonio, muy fiera, de manera humana, y otros ídolos y figuras de gatos, en quien adoran”, pág.67².

Aseveraciones similares se hacen con relación a la casa de los caciques de la Provincia de Picara:

“A la puerta de las casas de los caciques hay plazas pequeñas, todas cercadas de las cañas gordas, en lo alto de las cuales tienen colgadas las cabezas de los enemigos, que es cosa temerosa de verlas según están muchas, y fieras con sus cabellos largos, y las caras pintadas de tal manera que parecen rostros de demonios.”, págs.83-84².

Un documento anónimo, por su parte, plantea: “...por trofeos y armas ponen las calaveras a las puertas de sus casas, hincadas en palos altos, y los cueros de los cuerpos, que han comido, desollados, henchidos de ceniza; tiene arrimados a las paredes de sus casas como personajes, y de algunos destes cuerpos hacen atambores, con que tañen.”, pág.180¹.

Finalmente, para citar otro testimonio de Cieza, con respecto a la casa del cacique Petecuy, del Valle de Lile, éste asevera:

“Junto a este valle confina un pueblo, del cual era señor el más poderoso de todos sus comarcas, y a quien todos tenían más respeto, que se llamaba Petecuy. En medio deste pueblo está una gran casa de madera muy alta y redonda, con una puerta en medio; en lo alto della había cuatro ventanas, por donde entraba claridad; la cobertura era de paja; así como entraban dentro, estaba en lo alto una larga tabla, la cual la atravesaba de una parte a otra, y encima della estaba puestos por orden muchos cuerpos de hombres muertos de los que habían vencido y preso en las guerras, todos abiertos; y abríanlos con cuchillos de pedernal y los desollaban, y después de haber comido la carne henchían los cueros de

ceniza y hacíanles rostros de cera con sus propias cabezas, poníanlos en la tabla de tal manera que parecían hombres vivos.

En las manos a unos les ponían a unos dardos y a otros lanzas y a otros macanas. Sin estos cuerpos habían mucha cantidad de manos y pies colgados en el bohío o casa grande, y en otro que estaba junto a él estaba gran número de muertos y cabezas y osamentas; tanto, que era espantoso verlo, contemplando tan triste espectáculo, pues todos habían sido muertos por sus vecinos y comidos como si fueran animales campestres de lo cual ellos se gloriaban y lo tenían como gran valentía, disciendo que de sus padres y mayores lo aprendieron.”, pág. 98².

De otra parte, los caciques del área recibían un entierro especial que implicaba algunas prácticas de preservación de su cadáver. Según Robledo, “la man(e)ra que tienen en el enterrarse, quando se muere algún Señor es en el campo en parte escondida e así haze(n) la sepultura con criados y gente que guarden secreto donde está y primero que le entierren le ponen entre dos fuegos en una barbacoa a man(e)ra de parrilla a desaynar hasta que se para muy seco y después de muy seco le enbixan con aquella bixa colorada que ellos estando bibos se ponen y pónenle su chaquirá en las piernas y brazos y todas las joyas de oro q(ue) él estando bibo se ponya en sus fiestas y enbuélbenle en muchas mantas de algodón que pa(ra) aquel efecto tiene(n) hechas y guardadas de mucho tiempo y es la cantidad de mantas q(ue) le ponen tanta q(ue) hazen un bulto como un tonel que veynte hombres tienen arto que alçar, y van tan por horden puestas y cosidas q(ue) ay que deshazer en él para quytárselas quando alguno se topa mucho y después de puesta toda esta ropa estando él en medio della enbuelto en sus algodones le llevan a la sepultura q(ue) tienen hecha y allí matan dos yndios de los que a él le servían y pónenle uno a los pies y el otro a la cabeza... quando el cacique meten en aquella bóveda a un cavo della ponen sus armas e sillas en que se solían asentar y taças con que solía vever y basijas llenas de bino y platos llenos de las maneras de manjares que él solía comer y dicen que lo hazen para que coman de noche e así escuchan de noche encima de la sepultura muchos d’as para ver si lo oyrá(n), e como ellos son abusioneros e mylagrosos, a qualqyer cosas creen, ispecialmenate, algunos que entre ellos ay maesos hazen creer que hablan e que come, e que pregunta por sus padres e por su gente.”, pág.343-44¹¹.

Los ricos ajuares funerarios que acompañaban usualmente los cadáveres de los caciques tienen como sentido, posiblemente, preservar también el cadáver y el poder del cacique. ¿Las



mascarillas de oro, las patenas, los brazaletes y las mismas figurillas de oro con que a menudo se les encuentra no expresan el intento de preservar su inmortalidad? ¿Y esta inmortalidad no beneficia sobre todo a los vivos?

Cadáveres vivos y casas de curación

En los ejemplos mencionados tenemos, entonces, una gama de posibilidades de manejo de los restos óseos de los enemigos y de los propios. Al parecer, los enemigos son exhibidos en forma de calavera, transformados en tambores humanos, o sus cuerpos desollados, henchidos de ceniza, aunque su rostro había sido reconstruido y se les había provisto con algunas de sus armas; de otra parte, el cadáver de los señores es disecado y enterrado con todas sus pertenencias en grandes tumbas aparentemente secretas.

Con razón Reichel ha llamado la atención, siguiendo a Eckert, sobre la naturaleza de "cadáver vivo" de los diversos personajes, incluyendo las víctimas del canibalismo: "*Georges Eckert cree que la idea subyacente a estas costumbres era el deseo de convertir el enemigo muerto en un esclavo obediente.*" , pág.37 (9). Esta hipótesis de la domesticación del enemigo se pone de presente, por ejemplo, a través de su transformación en tambor humano, una práctica muy extendida, según Oviedo, en el suroccidente de Colombia. (Nota 1)

No obstante, los enemigos mantienen en parte su voz mediante su transformación en tambores, si interpretamos de esta forma el sonido emitido a través de su propio cuerpo (siguiendo la analogía de los tambores del área huitoto, los cuales en parte representan la voz de los abuelos). De esta forma mantienen una vívida presencia y pueden tener algunas funciones específicas, cuya naturaleza es difícil de establecer. Pero si recordamos que algunos de estos enemigos mantienen también sus armas, podríamos especular con alguna razón que, además de infundir temor externo y quizás interno, podrían ser medios de curación, ya que con sus armas contribuirían a combatir los espíritus o agentes de la enfermedad y con su voz (el ritmo del tambor) generarían estados de trance propios de los actos chamánicos. La asociación entre percusión y ritos de pasaje es relativamente común en diversas partes del mundo. En este sentido, su presencia podría contribuir a establecer trances individuales y colectivos⁸.

Las calaveras humanas de los enemigos pudieron tener una función importante en los mecanismos de curación, al ser metáforas de maracas, instrumentos que al parecer realmente tuvieron los aborígenes del Valle del Cauca³.

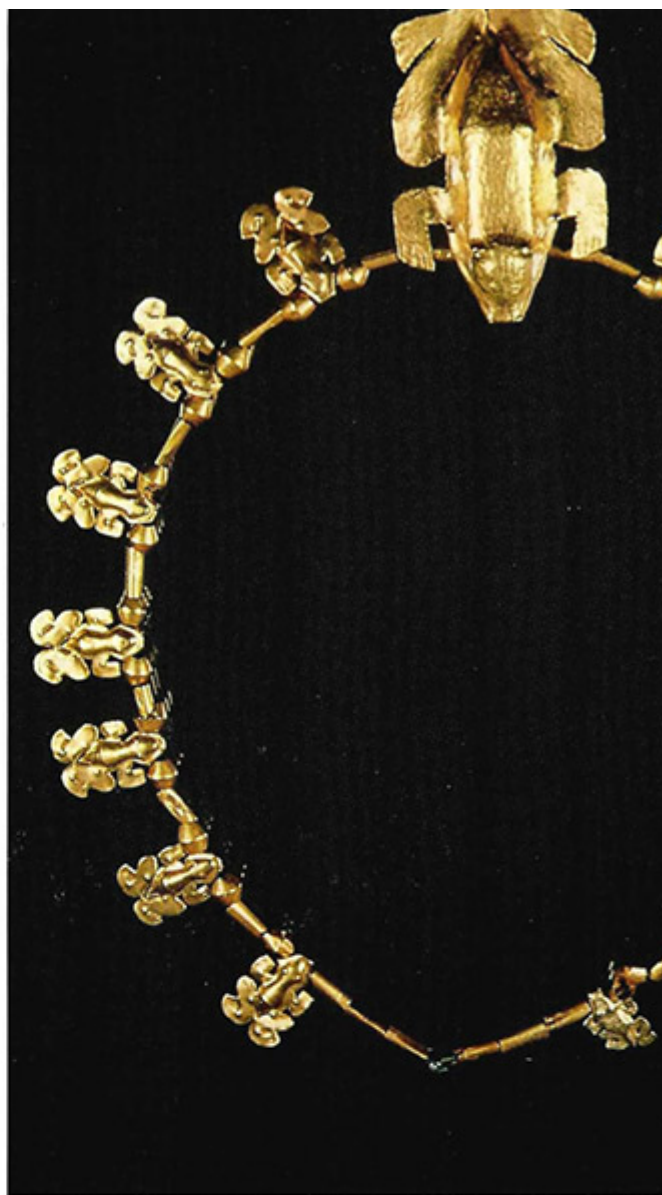


Figura 2

Según Fernández de Oviedo, *preguntóle este mariscal (Robledo) a un cacique de Panamá, que es junto a la provincia de Arma, que cuántos indios sacrificaban por día, e respondióle que cinco, e que los sacrificaban al diablo por temor que tenían de él, e que cuando lo dejaban de hacer, que les daba enfermedades.*¹¹. Es posible que esta cifra sea exagerada, pero es interesante la función curativa que se le atribuye a las prácticas sacrificiales.

Así mismo, el cronista Fernández de Oviedo, basado en una carta de Robledo fechada el 6 de agosto de 1545, asevera que la gente de Anserma, *alias Umbra, afirmaba el mariscal que adoran al diablo, e que habla con ellos algunas veces, e les da a entender que él cría los maíces e que él llueve*⁶.

Zuidema ha sugerido que las prácticas de desollamiento pudieron estar relacionadas con ritos de cosecha y procedimientos de castigo por robo, rebelión, etc.¹⁴ Algo similar pudo haber ocurrido en la región, por lo menos entre los anserma.



El arte escultórico y las estatuas tuvieron una amplia dispersión y significación en el occidente colombiano. Los indios de la provincia de Pozo *«tenían en sus casas ídolos muchos, de tan grande estatura como los hombres, puestos por orden. En no había casas señaladas de esos ídolos, sino en cada casa; y el que es más señor tiene más ídolos, e allí hay sacrificios»*.⁶

Por su parte, Robledo sostiene: *«en la provincia de Pozo tiene(n) los yndios en cada casa mucha cantidad de ídolos grandes de estatura de hombre y otros más pequeños hechos de madera e con sus ojos y narizes y sus devisas de joyas e sus colores e arveoles como los Señores se ponen»*.¹¹

No es improbable que muchos de estos «ídolos» fuesen estatuas de representaciones de señores, chamanes fallecidos, y otros personajes históricos o míticos, que tuviesen como función defender la casa o la aldea de fuerzas enemigas - entre ellas las enfermedades- o advertir a los residentes de las mismas sobre su presencia o amenaza.

Las casas de los caciques configurarían un verdadero espacio de curación, cuyos objetos e iconos son fundamentales para mantener el bienestar de la sociedad. La preservación de los restos humanos y su transformación en tambores, maracas, estatuas, etc., permite garantizar la presencia de espíritus o fuerzas que pueden ser invocados o convocados en el diario vivir que supone enfrentarse a los permanentes acechos de otros brujos, seres y ciertos animales.

La dialéctica del señor, la gente batracio y el guerrero sacrificado

La idea de que la autoridad del cacique y de la élite cacical repose en principios de «reciprocidad» y «redistribución» de bienes de «lujo», adquiridos o no a larga distancia o mediante el control del intercambio y uso simbólico de «bienes de élite» -en particular, la metalurgia-⁷ puede ser cierta, pero no suficiente. La antropóloga María Elvira Escobar ha llamado de nuevo la atención sobre una observación del mariscal Robledo respecto de los señores de Anserma, los cuales, además de tener una abundante y larga cabellera, *«traen las uñas largas y mientras uno es más gran Señor más largas las tiene»*, pág. 166⁵; dicha autora interpreta esta cita como la «gala» de «no trabajar manualmente». Es probable que sea cierto, (algo así ocurría entre los chinos). Pero las uñas largas, en este caso, ¿no podrían reflejar

también las garras del señor? De otra parte, sabemos por Fernández de Oviedo que *«cuando algún señor de esos venía a ver al mariscal, traíanle por hombros sus indios por auctoridad; e traénle un duho en que se asiente, e par de sí siete u ocho mujeres a do quiera que el tal principal va, cuando le falta el duho en no se lo traen, asiéntanse en las rodillas de una de aquellas de sus mujeres. Hablan muy despacio, representando una gravedad de señores»*, pág. 29⁶. ¿No indica todo esto que los señores son, en realidad, grandes sacerdotes con poderes propios de los gatos (los felinos) y de las águilas? ¿Acaso no llevaban plumas? ¿Y las águilas no tienen también poderosas garras? El cacique, como antropófago inmortal, ¿no es, en realidad, un «jaguar» cuya naturaleza es congruente con su propia casa, centro por excelencia de la curación?

La antropóloga María Alicia Uribe, en un interesante estudio sobre la iconografía de la orfebrería quimbaya tardía, ha resaltado que el «rabo» de ciertas representaciones de figuras repujadas en pectorales sea posiblemente una faja larga que a manera de «cola» tenían los maures (o guayucos) de los caciques. «Es posible que este tipo de vestido - sostiene- hubiera simbolizado un 'rabo' de animal, y fuera la misma cola dibujada en estos pectorales. Dada la posibilidad de esta relación, podría pensarse que las figuras repujadas de hombre con elementos de lagartija y a veces también de felino constituyen representaciones de 'señores' o caciques 'disfrazados' de animal, es decir provistos de elementos con los que buscaban simular el aspecto o algunos atributos de las lagartijas y los felinos», pág. 65¹³ (Nota 2)

De otra parte, la gente subalterna portaba «pendientes» que simbolizaban ranas o sapos:

«... trae los que no son señores una synta de chaquyra al cuello y al cabo della por joyel una rana o sapo de oro y ansymismo se atan las piernas y los molledos de los braços los qual usan des e q(ue) nascen puesto q(ue) los que son de más baxo no se ponen la ropa del arte q(ue) es la de los señores» pág. 338¹¹.

Uribe también ha señalado que las representaciones y figurillas de ranas y batracios tienen variadas formas, y en particular representan diversos estados del batracio, como si pusiesen en evidencia su propiedad fundamental de

**Era el deseo
convertir al
enemigo
muerto en
esclavo
obediente.**

metamorfosis, como si su identidad fuese incierta o transitoria.

Como se ha visto, la gente-batraco tenía múltiples razones para reconocer y temer la autoridad del señor; en el estado actual de la investigación, es difícil saber cuál pudo ser la relación entre la gente-rana, los llamados "esclavos" y los señores. Un estudio de Wassen sobre la iconografía de los batracios destaca su reiterada extensión en el suroccidente colombiano; quizás su misma condición de batraco represente una identidad que los oponga a las aves, pág. 100¹³.

La gente-rana representa el orden inverso del hombre águila. Pero es la fuente del vuelo chamánico, de la venganza, del mismo desorden, de la sexualidad desenfrenada, sin límite. ¿Serían ellos quienes preparaban los venenos extraídos de los batracios, como aún se hace en el Chocó? ¿El cacique no organizaría el ritual para ellos, sus invitados? La gente-batraco -al ser prisionera de otro cacique- ¿no sería la víctima sacrificial? En este contexto su condición liminal es la base del funcionamiento de la sociedad; el cacique (el señor águila o el señor jaguar) debe controlar, encauzar, equilibrar esta energía para bien de toda la sociedad.

De otra parte, según Cieza, "... ellos tenían por bien de consumirse unos a otros y sepultarse en sus mismos vientres", pág. 108². Este dato es congruente con otras fuentes históricas sobre el canibalismo. Los tupinambá conducidos a Francia, por ejemplo, veían con preocupación su muerte en esas tierras lejanas porque no irían a recibir los funerales adecuados para un guerrero en tierras extranjeras, vale decir, ser depositados en el vientre del enemigo, el verdadero túmulo. Porque, con ello, quizás, no se ganaría también la fama de la muerte honrosa, la memoria que disparaba la cadena de venganzas, la inmortalidad⁴.



Notas

(1) El cronista Oviedo nos cuenta que Belalcázar en el Valle del Cauca, en la población de Lile (Cali), había visto en sólo tres casas 680 atabales hechos de piel humana, y que tales instrumentos de música los hacían de enemigos que vencían en los combates y que ningún atabal les gustaba oír a los indios de Lile, como estos de parches de piel humana, especialmente en fiestas y areytos", pág. 183 (3).

(2) «Tienen pa[ra] ceñirse por el cuerpo los que son Señores unos cinchos de aquella Chaquira blanca y de Chaquira de oro y de cautos de oro hasta un palmo de ancho dello el qual entre ellos vale mucha cantidad. Y este es para meter el maure con que tapan sur vergüenças q[ue] es vara y media de largo de lienzo de algodón muy pintado y una de ancho y meten el un cavo que les cuelga por delante con que las atapa(n) y toma el otro por debaxo de las piernas y métenle por el cincho y cuélgales un rabo que llega casi al suelo", pág. 337 (11)

Referencias

- 1) Anónimo. *Varias noticias curiosas sobre la provincia de Popayán, en Jijón y Caamaño, Sebastián de Belalcázar, Quito, 1936-38, 2. t.*
- 2) Cieza de León, Pedro. *La crónica del Perú, Colección Austral, Espasa Calpe, España, 67, 1962.*
- 3) Cubillos, Julio César. *Apuntes sobre instrumentos musicales aborígenes hallados en Colombia, en homenaje al profesor Paul Rivet, Academia Colombiana de Historia, Fondo Eduardo Santos, Biblioteca de Antropología, ed. A.B.C., Bogotá, 172, 1958.*
- 4) Carneiro da Cunha, Manuela y Viveiros de Castro, Eduardo. *Venganza y temporalidad: los Tupinambá, en Los meandros de la historia en Amazonía, Beatriz Alzate y Roberto Pineda compiladores, ed. Abya Yala, Quito, 1990.*
- 5) Escobar, María Elvira. *Cacicazgos del valle del río Cauca: ¿señorío o barbarie?, en Revista Colombiana de Antropología, vol. XXVI, Bogotá, 166, 1986-88.*
- 6) Fernández de Oviedo, Gonzalo. *Historia general y natural de las Indias, 5. vol., Ediciones Atlas, Madrid, 1959.*
- 7) Gnecco-Valencia, Cristóbal. *Relaciones de intercambio y bienes de élite entre los cacicazgos del suroccidente de Colombia, en Caciques, intercambio y poder: interacción regional en el área intermedia de las Américas, ed. Cárdenas F. y Langebaek C., Departamento de Antropología, Universidad de los Andes, Bogotá, 1996.*
- 8) Needham, Rodney. *Percussion and transition, en Reading in comparative religion, an anthropological approach, ed. William A. Lessa and Evon Vogt, Harper & Row Publisher, USA, 1979.*
- 9) Reichel-Dolmatoff, Gerardo. *Orfebrería y chamanismo, un estudio iconográfico del Museo del Oro, ed. Colona, Medellín, 37, 1988.*
- 10) Rodríguez, Carlos A. *Tiempo y espacio de la diversidad socio-cultural prehispánica en el alto y medio Cauca durante el milenio precedente a la conquista española, en Perspectivas regionales en la arqueología del suroccidente de Colombia y norte del Ecuador, Cristóbal Gnecco editor, Universidad del Cauca, Popayán, 235, 1995.*
- 11) Tovar, Hermes. *Relación de Anserma, en Relaciones y visitas a los Andes. Siglo XVI, Colcultura, Instituto de Cultura Hispánica, Bogotá, 1993.*
- 12) Trimbom, Hermann. *La América precolombina, Ediciones Castilla S.A., Madrid, 74-75, 1965.*
- 13) Uribe, María Alicia. *La orfebrería quimbaya tardía, en Revista del Museo del Oro, Boletín N° 31, Banco de la República, Bogotá, 1971.*
- 14) Zuidema, Tom. *Xipe Totec en los Andes, en Memorias del I Seminario Internacional del Norte Etnohistoria del Ecuador y Sur de Colombia, Guido Barona y Francisco Zuluaga editores, Universidad del Valle, Cali, 1995.*

Lecturas sugeridas:

Caivallet, Chantal. *Antropofagia y frontera. El caso de los Andes septentrionales, en Frontera y poblamiento: estudios de historia y antropología de Colombia y Ecuador, Instituto Francés de Estudios Andinos, Universidad de los Andes, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Bogotá, 1996.*

Eckert, George. *El culto a los muertos y la concepción de la vida en el Valle del Cauca, Revista de Indias, a-o 6, vol. 19, Madrid, 1945.*

Llanos, Héctor. *Los cacicazgos de Popayán a la llegada de los conquistadores, en Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, Banco de la República, Bogotá, 1971.*

Pineda Camacho, Roberto. *Malocas de terror y jaguares españoles: aspectos de la resistencia indígena del Cauca ante la invasión española del siglo XVI, en Revista de Antropología, Universidad de los Andes, vol. III, N° 2, Bogotá, 1987.*

Trimbom, Hermann. *Señorío y barbarie en el Valle del Cauca, Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo, Madrid, 1969.*

REVISTA Innovación Ciencia

Suscripción por 1 año (5 ejemplares),
a partir del Vol. _____ No. _____

SUSCRIPCION PERSONA NATURAL

Nombre _____ C.C./TI _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____
Profesión _____ Especialidad _____
Entidad _____

SUSCRIPCION INSTITUCIONAL

Entidad _____
Nit _____
Representante _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____

ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.A. 92581 • Fax: 221 92 81 • Tels.: 221 67 69 - 221 73 48 - 221 33 13 • Bogotá, Colombia

LLENE
Y ENVIE
ESTE
CUPON

SUSCRIBASE ¡YA!

Suscripción Regular \$29.000
Estudiantes \$25.000

Precio Unidad \$ 6.200
Ejemplar atrasado \$ 3.500

Socio ACAC Gratuita

Fecha suscripción
D _____ M _____ A _____

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia

Granahorrar 0632-100-79-5
Colmena 010-4500246931
Bco. Popular 160-203196

Tarjeta No. _____

Vence ____ / ____ /

Credencial Credibanco Diners

*Renovación automática:

El valor de la nueva suscripción puede ser cargado a mi tarjeta de crédito. En caso de no desear la renovación, me comprometo a notificar a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia dos (2) meses antes del vencimiento de la suscripción

Acepto: Sí No

Firma
C.C. _____

REVISTA Innovación Ciencia

Suscripción por 1 año (5 ejemplares),
a partir del Vol. _____ No. _____

Sí, deseo regalar una suscripción de la revista Innovación y Ciencia a:

Nombre _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____
Profesión _____ Especialidad _____
Entidad _____

De:

Nombre _____
Ident.: C.C. _____ T.I. _____ Pasaporte _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____

Nota: Durante un año, cada ejemplar incluye una tarjeta especial, recordando a la persona o entidad que es una atención suya.

ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.A. 92581 • Fax: 221 92 81 • Tels.: 221 67 69 - 221 73 48 - 221 33 13 • Bogotá, Colombia

LLENE Y ENVIE
ESTE CUPON

CUPON REGALO

Suscripción Regular \$29.000
Estudiantes \$25.000

Precio Unidad \$ 6.200
Ejemplar atrasado \$ 3.500

Socio ACAC Gratuita

Fecha suscripción
D _____ M _____ A _____

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia

Granahorrar 0632-100-79-5
Colmena 010-4500246931
Bco. Popular 160-203196

Tarjeta No. _____

Vence ____ / ____ /

Credencial Credibanco Diners

*Renovación automática:

El valor de la nueva suscripción puede ser cargado a mi tarjeta de crédito. En caso de no desear la renovación, me comprometo a notificar a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia dos (2) meses antes del vencimiento de la suscripción.

Acepto: Sí No

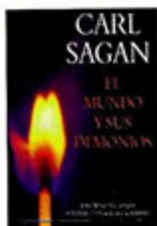
Firma
C.C. _____

Image not found or type unknown



Novedades editoriales

EL MUNDO Y SUS DEMONIOS



Carl Sagan
Editorial Planeta, 1997.

Una posible traducción del título de la última obra publicada por Carl Sagan sería *El mundo endemoniado*. Ante el indudable ingreso de la civilización a una nueva Edad Media, Sagan ataca, con su estilo lúcido, a los demonios de la Era de Acuario: el horóscopo, la metafísica, las vidas pasadas y otros. Al mismo tiempo, defiende la luz que brinda la duda, es decir, la ciencia. A lo largo de 25 capítulos bien documentados, el recién desaparecido divulgador científico rompe mitos tan difundidos como la afirmación de que «la ciencia destruye la espiritualidad». Para Sagan, nada es más urgente para la supervivencia de la especie y del planeta que la introducción de la sociedad al conocimiento científico y a la democracia real. Mientras tanto, el dogma nos conduce inevitablemente a la oscuridad.

BOLETÍN 37, PROYECTO PRINCIPAL DE EDUCACIÓN EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



UNESCO
Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, 1996

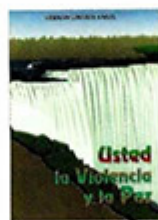
El Boletín de la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe es una publicación que aparece tres veces al año, con informes de investigación y reflexiones sobre la educación en la región. En esta ocasión, Erroll Miller presenta la problemática de la educación secundaria en el Caribe no hispanoparlante; Robert McMeekin informa sobre la coordinación de la asistencia externa para la educación y privatización de la enseñanza; y, finalmente, Arturo Matute describe los teleseminarios de la Oficina Regional de Educación.

DE LA PALABRA AL PENSAMIENTO: LECTURA DE TEXTOS JURÍDICOS

Miguel de Zubiría Samper
Ministerio de Justicia y del Derecho, Santa Fe de Bogotá, 1996

Este documento oficial de la Escuela Judicial Rodrigo Lara Bonilla constituye un aporte de la psicología a la interpretación de textos jurídicos. El autor es psicólogo y director científico de la Fundación Alberto Merani para el desarrollo de la inteligencia. El objetivo de esta obra es ofrecer a los profesionales del derecho una herramienta pedagógica, basada en la psicolingüística cognoscitiva, para manejar mejor la palabra escrita. Incluye una guía de estudio titulada «Instrumento para manejar y procesar información», elaborada por el doctor Germán Pilonieta P. La obra demuestra cómo la ciencia, particularmente la psicológica, también es necesaria para los abogados.

USTED, LA VIOLENCIA Y LA PAZ



Hernán Linares Ángel
Fundación Universitaria Los Libertadores, INPAHU, Santa Fe de Bogotá, 1996

Linares Ángel, psicólogo clínico especializado en España, nos muestra en su obra una perspectiva general sobre la violencia en Colombia más desde el análisis individual, que desde el análisis social tradicional. Parte de una descripción de los tipos de violencia según la población (niños, jóvenes, ancianos, mujeres) y sus desencadenantes (legislación, sistema carcelario, medios de comunicación, situación socioeconómica). Explica el autor cómo las diferentes escuelas psicológicas han interpretado la violencia, y concluye con una estrategia de intervención denominada «terapéutica para la paz», respaldada por el artículo 22 de la Constitución de 1991, según el cual «La paz es un derecho y un deber de obligatorio cumplimiento».

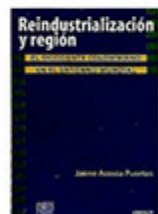
PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, VOLUMEN 1



Elizabeth Hodson de Jaramillo, Rafael H. Aramendis-Ramírez, Carlos A. Zuritz (editores)
OEA, Colciencias, Santa Fe de Bogotá, 1996

Este libro es una compilación de varios informes de investigaciones relacionadas con el procesamiento y la conservación de productos alimenticios, realizadas en América Latina y el Caribe durante los últimos veinte años, y financiadas por la Organización de Estados Americanos, OEA, a través del Proyecto Multinacional de Tecnología de Alimentos. El proyecto ha sido coordinado por el doctor Héctor Herrera. La publicación se realizó a través del Programa Nacional de Biotecnología de Colciencias e incluye las siguientes partes: elaboración, enriquecimiento y utilización de harinas; deshidratación de alimentos y almacenamiento de productos deshidratados; conservación y procesamiento de frutas y hortalizas por medio de frío, evaporación y secado por atomización; y procesamiento aséptico de alimentos fluidos de baja acidez con partículas en suspensión.

REINDUSTRIALIZACIÓN Y REGIÓN. EL OCCIDENTE COLOMBIANO EN EL ENTORNO MUNDIAL



Jaime Acosta Puertas
CRESET, Corpes de Occidente, Santa Fe de Bogotá, 1997

En esta obra se recogen los resultados de la investigación adelantada por CRESET para el CORPES de Occidente, sobre el entorno mundial y el desarrollo tecnoeconómico de la región pacífica colombiana, en el contexto de las economías del PECC (Pacific Economic Cooperation Council). El autor es prospectólogo, investigador del CRESET y director de esta entidad desde 1993. En esta oportunidad, Acosta Puertas reflexiona sobre cómo el país puede adelantar un proceso de reindustrialización con base en políticas y estrategias nacionales y regionales de largo alcance. Las conclusiones asesorarán al CORPES, entidad de planificación del occidente colombiano, conformada por los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Chocó, Quindío, Nariño, Risaralda y Valle del Cauca, según la Ley 76 de 1985.

EDUCACIÓN EN TECNOLOGÍA: PROPUESTA PARA LA EDUCACIÓN BÁSICA, DOCUMENTO 1



Programa de Educación en Tecnología para el Siglo XXI
Ministerio de Educación Nacional, Santa Fe de Bogotá, 1996

Desde 1991, el Ministerio de Educación Nacional adelanta un programa nacional de carácter investigativo en el campo de la educación en tecnología, cuyo fundamento es la participación del docente, tanto a nivel de primaria como de secundaria. En este primer documento se ofrecen directrices amplias para la generación de una nueva educación tecnológica que rompa las fronteras de la escuela tradicional y contribuya al mejoramiento cualitativo de la educación. El programa se ha denominado «PET21» y es coordinado por Betsy Adriana Gelves, Jaime Hernández, Germán Darío Rodríguez y Alvaro Leuro. Ellos contaron con la colaboración de un grupo de maestros de todo el país, quienes aportaron sus experiencias en la educación tecnológica. De la obra deben resaltarse su riqueza conceptual y su bella presentación.

VII CONGRESO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA, IV CONFERENCIA COLOMBIANA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y II SEMINARIO SOBRE EL CUATERNARIO



Santa Fe de Bogotá, 1996

En este documento se encuentra el libro de resúmenes y la programación general del VII Congreso Colombiano de Geología, de la IV Conferencia Colombiana de Geología Ambiental y del II Seminario sobre el Cuaternario, celebrados en el Salón Rojo del Hotel Tequendama, en Santa Fe de Bogotá, del 27 al 29 de agosto del año pasado. La publicación fue patrocinada por la empresa British Petroleum. Participaron geólogos e investigadores relacionados de todo el país, además de ponentes internacionales provenientes de Inglaterra, Francia, Cuba, Brasil, Japón, Venezuela, Estados Unidos, Bélgica y México, varios de ellos coautores con investigadores colombianos.

CLAUDE VÉRICEL: EL AMIGO DE LOS ANIMALES




Celso Román
(Ilustraciones de Silvia Gómez)
Colciencias,
Santa Fe de Bogotá,
1997


Este nuevo título de la Serie Juvenil de Colciencias resalta la vida y obra del doctor Claude Véricel, oriundo de Francia y pionero de la medicina veterinaria en Colombia. Y es precisamente un médico veterinario de la Universidad Nacional, Celso Román, quien ofrece a nuestros jóvenes esta biografía, hermosamente ilustrada por Silvia Gómez. Celso


Román se ha dedicado con éxito a la literatura infantil; con «Los amigos del hombre», ganó el Premio Enka de Literatura Infantil y Juvenil. Véricel arribó al país en 1884, aceptando una invitación para resolver el enigma de una serie de extrañas malformaciones en los intestinos de las reses que se estaban sacrificando en Bogotá, y sus efectos en la salud pública. Ya en la sabana, Véricel organizó la Escuela Veterinaria, sobre la cual cayó la fatídica sombra de la Guerra de los Mil Días, por lo que fue cerrada indefinidamente. No obstante, mediante la Ley 44 de 1920 se retomó su obra y se fundó la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia.

MARCA®

Próximo evento

 XI AGROEXPO
Junio 20 al 30

 XII EXPOPARTES
Julio 16 al 18

 V TEXTIL MODA
Julio 16 al 18


 XXXII COLOMBIAN LEATHER SHOW
Julio 23 al 26

 EXPOSOCIAL
Agosto 20 al 24

 V EXPOSALUD
Agosto 26 al 30


 XIV FERIA DEL HOGAR
Septiembre 5 al 21


 IV SALON DEL ESTUDIANTE-III EXPOIDIOMAS
Septiembre 25 al 27

 V EXPOCIENCIA Y EXPOTECNOLOGIA
Octubre 1 al 8





Calendario Ferial 1997


 V PROFLORA
Octubre 8 al 11


 TELEMATICA CORPORATIVA
Octubre 15 al 17


 XVI COMPUXPO - INTERSOFTWARE
Octubre 15 al 21

 IV ANDINA-PACK
Noviembre 5 al 8

 III ANDIGRAFICA
Noviembre 5 al 9

 EXPO PETROLEO 97
Noviembre 19 al 21

 V SALON INTERNACIONAL DEL AUTOMOVIL
Noviembre 21 al 30

 EXPO COMM ANDINO 97
Diciembre 2 al 5

 VII EXPOARTESANIAS
Diciembre 11 al 21

Avianca
La Aerolínea Oficial

CC
CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTA

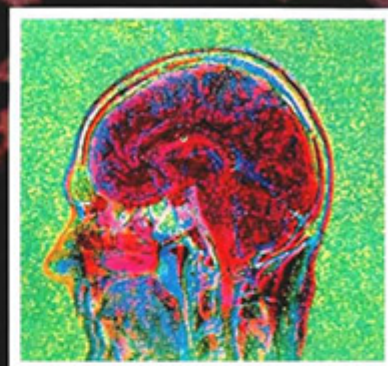
INFORMES: CORFERIAS CRA. 40 No. 22C-67 CONMUTADOR (571) 3377474-3377676 FAX: (571) 3377271 - 3377272
SANTAFE DE BOGOTA, COLOMBIA. HOME PAGE INTERNET: <http://www.corferias.com.co>





UNIVERSOS

PROGRAMA DE TELEVISIÓN DE TIPO DOCUMENTAL, PRODUCIDO POR LA A.C.A.C. CON EL APOYO DE COLCIENCIAS, QUE BUSCA DIVULGAR LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DESARROLLADA EN NUESTRO PAÍS DE MANERA AMENA Y AGRADABLE



PROGRAMACION 1997

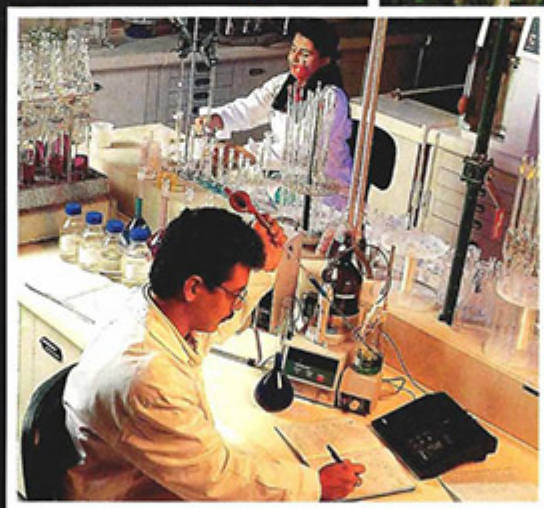
JULIO

- 4 FENÓMENOS NATURALES
- 11 MALARIA
- 18 EL AGUA ES ORO
- 25 MUERTE, RITOS Y CEREMONIAS



AGOSTO

- 1 PARQUES NATURALES
- 8 VIRUS DE LA TRISTEZA EN CÍTRICOS
- 15 INVENTOS
- 22 BOTÁNICA
- 29 ENERGÍAS ALTERNATIVAS



Todos los viernes de 1:30 a 2:00 p.m. por la Cadena 1

EXPOCIENCIA EXPOTECNOLOGIA

97

V Feria Internacional de la Ciencia y las Innovaciones Tecnológicas



INDUSTRIAS ♦ ENTIDADES ESTATALES
UNIVERSIDADES ♦ CENTROS DE INVESTIGACION
ASOCIACIONES CIENTIFICAS ♦ PROVEEDORES ♦ INVERSIONISTAS
EXHIBICIONES ESPECIALES ♦ ACTIVIDADES ACADEMICAS
RUEDA DE NEGOCIOS

OCTUBRE 1 al 8 en CORFERIAS

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

LO HACEMOS CON PASION.

Young & Rubicam



Cuando se trabaja duro y se siente pasión por lo que se hace, es cuando se obtienen grandes triunfos. Esa es la pasión que sentimos en Granahorrar al trabajar por usted. Es la misma pasión que siente el equipo de la Expedición Colombia Granahorrar Everest 97 que intentará ascender al Monte Everest. Es la pasión que sentimos en Granahorrar cuando los apoyamos en su intento.

HECHOS
PARA QUE COLOMBIA
SIEMPRE SUBA



Granahorrar
CORPORACIÓN GRANCOLOMBIANA DE AHORRO Y VIVIENDA
Usted nos tiene a nosotros