

Innovación y Ciencia

Volumen XV • N° 1 • 2008 • Tarifa postal reducida 2008-194 • Colombia \$12.000

¿Hay vida extraterrestre?

Potencial oleoquímico del aceite de palma

Cirugía láser del ojo

Plancton colombiano

Divulgación de la ciencia



ASOCIACIÓN COLOMBIANA



[*áce-áce*]

Es una entidad sin ánimo de lucro,
fundada el 9 de octubre de 1970,
que trabaja por el fomento de la
Ciencia y la Tecnología como base
del desarrollo social.

ACAC desarrolla diversos programas,
cuyos fines son

integrar a la comunidad científica

y reforzar su compromiso con el
estudio de los problemas del país,

difundir el conocimiento científico

promover y apoyar la

investigación Científica y Tecnológica

e impulsar programas de apropiación social

de Ciencia y tecnología.

Correo electrónico acac@acac.org.co

www.acac.org.co



VOLUMEN XV N° 1

JUNTA DIRECTIVA ACAC

Eduardo Posada Flórez

Raúl Joya O.

Rubén Ardila A.

Guillermo Hoyos V.

Carlos Corredor P.

Marcelo Riveros R.

Elena Stashenko

Horacio Torres S.

Helena Groot

CIDEIM: María Virginia Villegas

ACCEFYN: Jaime Rodríguez

OBSERVATORIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA:

Rafael Hurtado

MALOKA: Nohora Elizabeth Hoyos

PRESIDENTE

Eduardo Posada Flórez

DIRECTORA EJECUTIVA

Carmen H. Carvajal López

EDITOR

Eduardo Posada Flórez

EDITOR CIENTÍFICO

Diego Andrés Rosselli Cock

COORDINACIÓN EDITORIAL

Lorena Ruiz Serna

COMITÉ EDITORIAL

Carlos Corredor P.

Guillermo Hoyos V.

Andrés Pérez

Horacio Torres S.

Elizabeth Castañeda

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL

León Lederman

Isabel Llano

Rodolfo Llinás

PRODUCCIÓN Y DISEÑO

Editorial El Malpensante S.A.

CORRECCIÓN DE ESTILO

Guillermo Díez

ASISTENTE COORDINACIÓN EDITORIAL

Marisol González

FOTOGRAFÍA

Autores y banco de imágenes

IMPRESIÓN

Panamericana Formas e Impresos S.A.

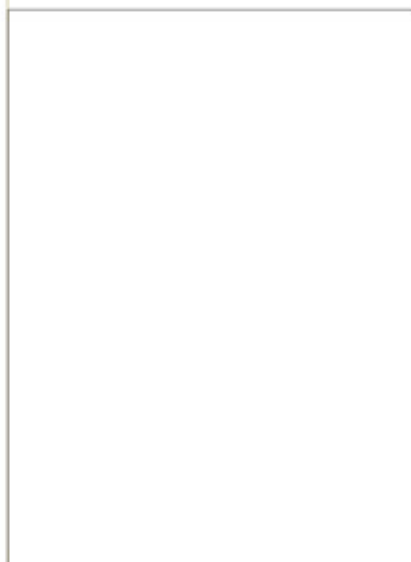
COMERCIALIZACIÓN

Suscripciones y Revistas

contactenos@suscripcionesyrevistas.com

DISTRIBUCIÓN

Distribuidora Unidas



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

DERECHOS RESERVADOS

Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización expresa del Comité Editorial. La publicación no es responsable legal del contenido de la publicación de cada edición.

Los conceptos expresados en los artículos no reflejan necesariamente la opinión de los editores.

Resolución Ministerio de Gobierno No. 5447 del 9 de octubre de 1992
ISSN 0121-5140

Tarifa postal reducida No. 2007- 194 de Servicios Postales Nacionales
Vence: 31 de diciembre de 2007

ACAC Calle 44 N° 45-67, Unidad Camilo Torres Bloque C, Módulo 3

Teléfonos: 3150734 – 3155900

Fax: 2216950

Email: innovacionyciencia@acac.org.co

Bogotá, D.C. – Colombia

Precio de venta al público: \$12.000

Suscripción (4 números al año): \$45.000

| | |
|-------------|---|
| ● editorial | 6 |
|-------------|---|

| | |
|------------|---|
| ▲ vistazos | 8 |
|------------|---|

| | |
|--|----|
| ■ notas breves | |
| <i>Cáncer de próstata</i> | |
| Rodolfo Varela | 10 |
| <i>Búsqueda de nuevos medicamentos empleando la química combinatoria</i> | |
| Diego Gamba | 14 |
| <i>Gestión tecnológica y propiedad intelectual</i> | |
| Dilia Rodríguez D'Alemán | 17 |

| | |
|--|----|
| ▲ astronomía | |
| <i>La búsqueda científica de vida extraterrestre</i> | |
| Jorge Zuluaga | 20 |

Existen preguntas que mientras no encuentren una solución definitiva seguirán martillando en la cabeza de prácticamente todos los seres humanos. Tal vez no todos pensemos en ello, o no lo hagamos todo el tiempo, pero el hecho de relacionarnos con otros, de estar en contacto con medios de comunicación, con el cine, con la televisión y con internet, tarde o temprano nos pone en contacto con una pregunta que ha estado ahí desde hace mucho tiempo: ¿es todo este Universo, tan vasto como no podemos imaginarlo, solamente para “nosotros”? ¿estamos realmente solos en el Universo? ¿hay vida, cualquiera sea su tamaño o forma, en otros lugares del sistema solar y del Universo más allá? ¿Existe otra civilización tecnológica, comunicativa y peleadora, como nosotros, que comparta el presente y el futuro de este longevo Universo?. En síntesis, ¿existen los extraterrestres?

| | |
|--|----|
| ● química | |
| <i>Potencial oleoquímico del aceite de palma y de palmiste</i> | |
| Paulo César Narváez Rincón, Juan Guillermo Cadavid Estrada | 32 |

Este artículo presenta un panorama de las diferentes aplicaciones del aceite de palma, haciendo énfasis en su potencial como materia prima de la industria oleoquímica. Inicialmente, se describe su composición y principales propiedades físicas y se establece, con base en algunos indicadores, la importancia mundial y nacional de este aceite. Posteriormente, se hace una descripción del proceso de extracción y refinación, y se establecen sus usos alimenticios. Finalmente, se listan algunos de los oleoquímicos derivados del aceite de palma, con una breve descripción del proceso de producción.

Sumario

Innovación y Ciencia • Volumen XV • N° 1 • 2008

■ Salud

Cirugía refractiva de la córnea

Manuel Gómez

38

La cirugía refractiva es una de las ramas de la oftalmología moderna que más se ha desarrollado, de la mano con los progresos en la tecnología láser, en la nanotecnología, en la óptica astronómica y óptica microscópica, aplicadas al ojo humano. Es de tal magnitud el cambio experimentado que en 20 años se ha pasado de la artesanía de la cuchilla de diamante a la exactitud del láser.

▲ Biología

¿Hacia dónde camina la investigación del plancton colombiano?

Andrés Franco Herrera

46

El plancton tiene un valor ecológico que va más allá de las fronteras marinas. Hace parte activa de eventos meteorológicos y antropogénicos. Las nuevas tendencias de investigación en el país sobre el plancton marino en las costas colombianas deben acoplarse a las problemáticas mundiales ambientales.

● ciencias sociales

El papel del periodismo científico

Manuel Calvo

62

Analizar la situación del periodismo científico en los países de América es una tarea no sólo ardua, sino imposible de realizar en todas sus dimensiones. Este artículo ofrece una idea general sobre la situación del periodismo científico en las naciones de Iberoamérica, tal como ha podido analizarla su autor con los escasos documentos procedentes de diversas fuentes: congresos y seminarios iberoamericanos de periodismo científico; documentos publicados por la Organización de Estados Americanos, Convenio Andrés Bello, consejos nacionales de ciencia y tecnología, y otras instituciones; conversaciones personales con periodistas y profesores de comunicación de los respectivos países, y los pocos trabajos publicados sobre el tema.

■ sitios web

69

▲ novedades editoriales

70

La ciencia para la disminución de la pobreza

En los países en desarrollo es muy frecuente asociar a la ciencia con temas de alta complejidad y de poco interés para la vida diaria de los ciudadanos. En general se la relaciona con los avances de la astronomía, la conquista espacial o con logros menos atractivos como la fabricación de bombas atómicas. Se piensa también que hacer ciencia requiere enormes inversiones a las cuales un país como Colombia no tiene ninguna posibilidad de acceder.

Por otro lado, casi nunca se ve la relación de la ciencia con el desarrollo tecnológico – tan a menudo identificado con el de la informática – para el cual se asume igualmente que se requieren ingentes inversiones, fuera de nuestro alcance. En resumidas cuentas, la opinión general es que no vale la pena, en un país como el nuestro, realizar esfuerzos para crear una capacidad propia de producción de conocimiento y que lo mejor que podemos hacer es esperar a que los países avanzados se ocupen de esos temas y contentarnos con adquirir los productos una vez listos para la venta.

Ejemplo de ello son las declaraciones recientes de Michael Porter recomendando a Colombia dedicarse a lo que sabe hacer bien, esencialmente producir café, pero no cometer el error de tratar de incursionar en temas más sofisticados en los cuales no tiene ninguna oportunidad.

Esas ideas, que a menudo han sido respaldadas por eminentes economistas, han encontrado un eco entusiasta en los gobiernos de muchos países del tercer mundo y, lo que es aun más grave, en importantes dirigentes del nuestro sector productivo. El resultado concreto de esas propuestas es que la inversión tanto gubernamental como privada en este campo sigue siendo extraordinariamente baja y totalmente insuficiente para alcanzar niveles de desarrollo aceptables.

Un análisis más detallado, por el contrario, permite ver que la ciencia y la tecnología pueden contribuir a la disminución de la pobreza generando crecimiento económico a través de la modernización tecnológica del sector industrial, del desarrollo de nuevos productos y procesos y de la creación de nuevas empresas con un alto contenido de conocimiento.

Una actividad que puede tener especial impacto es la de la puesta en marcha de planes de asesoría técnica a micro y pequeñas empresas, a las cuales, mediante recomendaciones sencillas de implementar, se les pueden mejorar considerablemente los niveles de competitividad.

Por otra parte, las condiciones climáticas, topográficas y ambientales de un país como Colombia hacen indispensable realizar investigaciones y desarrollar tecnologías adaptadas a esas particularidades. Dentro de ese marco están la investigación en biotecnología, con énfasis en productos agrícolas autóctonos, el mejoramiento de semillas, de métodos de siembra, de sistemas de riego, etc.

Del mismo modo, es indispensable estimular la investigación en salud sobre las enfermedades tropicales que afectan a nuestras poblaciones tales como la Malaria o la Leshmaniasis que, dadas sus características, no son de mucho interés para las empresas multinacionales farmacéuticas.

Uno de los temas de mayor importancia como factor de desarrollo y de cohesión social es, sin duda, el de la masificación de las comunicaciones con el fin de alcanzar los más recónditos rincones del país. No sólo es ésta una herramienta con extraordinario poder de integración sino que también, gracias al uso masivo de la Internet, se trata de un magnífico medio para mejorar la calidad y cobertura de la educación, brindando mejores oportunidades para todos.

Por último, la investigación en ciencias sociales es la que mejor puede orientar ese desarrollo, ayudarnos a establecer prioridades y, finalmente, proponer soluciones a los problemas que nos aquejan.

* * *

Hace algunos días, Colciencias puso a disposición de la comunidad científica y tecnológica nacional el documento sobre la Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación con el fin de recoger opiniones acerca de ese tema. Es muy importante que nuestros lectores lo consulten en el portal de esa entidad y que le hagan llegar sus comentarios directamente a ella, o a través de Innovación y Ciencia.

EDUARDO POSADA FLÓREZ
Presidente

CARMEN HELENA CARVAJAL
Directora ejecutiva



Vistazos



Las células cancerígenas se dividen de una forma rápida y descontrolada.

Descubren enzima responsable de multiplicación descontrolada de las células cancerígenas.

La Facultad de Medicina de Harvard identificó una enzima que posibilita que las células cancerígenas consuman enormes cantidades de glucosa, la cual necesitan para crecer descontroladamente.

En la revista Nature, los científicos de Harvard describen cómo las células cancerígenas frenan su crecimiento cuando son privadas de la enzima. Esta enzima, llamada piruvato cinasa, se encuentra de dos formas, pero el equipo de Harvard descubrió que sólo una -la PKM2- posibilita que las células cancerígenas consuman glucosa a una tasa acelerada.

Cuando los investigadores forzaron a las células cancerígenas a cambiar a la otra forma de piruvato cinasa, coartando la producción de PKM2, su crecimiento se detuvo.

Luego, cuando las células se inyectaron en ratones, su capacidad para producir tumores había disminuido considerablemente.

El primer descubrimiento de que las células cancerígenas pueden consumir glucosa a mayor velocidad que las células normales lo hizo el alemán

y Premio Nobel Otto Warburg, hace 75 años. Warburg también mostró que la cantidad de glucosa que necesitan es mínima, lo que les permite crecer y dividirse a una rapidez prodigiosa, usualmente comparada con la de las células fetales.

Sin embargo, la química detrás del "Efecto Warburg" no había sido bien comprendida hasta ahora. Los investigadores dijeron que la química exacta detrás del metabolismo de la glucosa probablemente varíe según el tipo de cáncer.

El líder de la investigación, el profesor Lewis Cantley, dijo: "Porque PKM2 se encuentra en todas las células cancerígenas que hemos examinado, porque no se encuentra en la mayoría de las células normales adultas, y porque es crucial para la formación del tumor, esta forma de piruvato cinasa es un posible objetivo para el tratamiento del cáncer".

Fuente: BBC Mundo Ciencia y Tecnología, publicada el 16 de marzo de 2008 http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_7299000/7299123.stm

Nuevos mapas de la Luna trazados mediante radar

La NASA ha obtenido nuevos mapas del polo sur de la Luna, en alta resolución, trazados mediante radar. Dicho polo sur es una región que la agencia espacial está considerando como lugar de aluni-



Imágenes de radar tomadas del polo sur de la Luna.

zaje cuando los astronautas regresen a la Luna en los próximos años.

Científicos del Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL, por su sigla en idioma inglés), de la NASA, obtuvieron los datos usando el Radar del Sistema Solar Goldstone, ubicado en el Desierto de Mojave, en California. Durante 2006, los científicos del JPL apuntaron tres veces hacia la región del polo sur de la Luna usando el plato del radar Goldstone, de 70 metros de diámetro. La antena, que mide tres cuartos del tamaño de un campo de fútbol, envió una transmisión de 500 kilovatios de potencia y 90 minutos de duración hacia la Luna, ubicada a una distancia de 373.000 kilómetros desde la Tierra. El radar iluminó la áspera superficie Lunar sobre un área que mide alrededor de 640 por 400 kilómetros. Las señales se reflejaron en dos de las antenas del Goldstone, de 34 metros de diámetro, en la Tierra.

La NASA considera que la región del polo sur de la Luna es un posible sitio para establecer futuros puestos. El lugar tiene muchas ventajas; por un lado, hay evidencia de agua congelada en los oscuros y profundos cráteres del sur. Se puede dividir el agua con el fin de obtener oxígeno para respirar y también hidrógeno para usar como combustible de los cohetes (o los astronautas simplemente podrían beberla). Los encargados de la planificación también están buscando "picos de luz eterna". Se trata de altas montañas en los polos donde el Sol nunca se oculte, las cuales pueden ser un buen lugar para establecer una estación de energía solar.

En los últimos años, los radares colocados sobre la Tierra han hecho un buen trabajo respecto del trazado de mapas de la región del polo sur de la Luna. En 1997, las antenas del radar Goldstone escanearon el área y produ-



jeron mapas con una resolución de 75 metros. En 2005, un equipo liderado por Don Campbell, de la Universidad de Cornell, mejoraron la resolución hasta 20 metros, usando el radar gigante de Arecibo, en Puerto Rico, y el Telescopio de Green Bank, en Virginia del Oeste (D. B. Campbell y colaboradores, *Nature*, 443, 835-837, 2006). El estudio del JPL, también alcanzó una resolución de 20 metros.

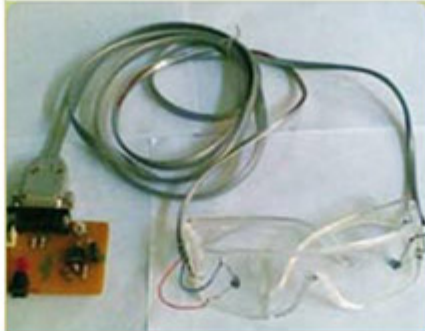
Fuente: Ciencia@NASA Febrero 29, 2008. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2008/29feb_radarmoon.htm

MOUSE DEL COMPUTADOR DIRIGIDO CON LOS OJOS PROTOTIPO HECHO EN COLOMBIA

La preeminencia ocular se integra al ámbito del desarrollo de novedosas piezas que permitirán en unos casos fortalecer los controles migratorios, y en otros la interacción hombre-máquina para las personas con limitaciones físicas.

Este es el caso del *Mouse Vision* (MV), un sistema ideado e implementado por investigadores del Grupo Cambios de la Escuela de Física de la Universidad Industrial de Santander (UIS), que según su director David Miranda, permite mover el puntero o cursor sobre la pantalla del computador con el movimiento de los ojos. ¿Pero, cómo se logra?

Aprovechando los principios de la reflexión de la luz sobre distintas superficies. Al incidir un haz de luz infrarroja de muy baja potencia sobre la mucosa ocular del usuario del *Mouse Vision*, ésta refleja una señal que cambia de intensidad cuando el ojo se mueve. Este cambio de intensidad en la señal se puede medir gracias a dos dispositivos dispuestos frente a cada ojo, montados en los lentes de unas gafas que sirven de



● Mouse de computador dirigido con los ojos.

soporte mecánico al sistema. De esta forma se obtiene una primera información clave. Otra de las preguntas surgió sobre el posible daño que sufriría el ojo al ser impactado por la luz necesaria para reflejar la señal cuyo cambio de intensidad se va midiendo. “Encontramos un estudio en primates que había sido realizado con láser infrarrojo, el estudio reportó daños pero por la alta intensidad del láser. En nuestro caso utilizamos dos emisores de luz, infrarrojos de muy baja potencia, lo cual garantizaba que no iban a ocasionar daños ni a la retina ni a la mucosa ocular”, señaló Miranda.

Sin embargo, no era suficiente con esta información codificada del cambio de intensidad lumínica. Los cambios medidos por un sistema de detección con dos diminutos sensores o fotodiodos montados sobre las lentes de las gafas del usuario del *Mouse Vision* deben ser ingresados al computador. Esto se hizo con una tarjeta de sonido que recoge los cambios en la señal que envían los sensores a manera de pulsos para incorporarse por el canal de audio del PC.

Así, un usuario del MV, solo debe probarse sus gafas equipadas con los dispositivos que emiten la luz (diodos) y los que miden el reflejo (fotodiodos) y sentarse frente al computador, para permitir que sus ojos reciban la luz de baja intensidad cuyo reflejo es medido,

dependiendo de su movimiento ocular. De esta manera si mueve sus ojos a la derecha el cursor lo hará y viceversa. Incluso al abrir y cerrar los ojos suavemente se hará click, explicó Miranda.

Redes neuronales para el movimiento

Ahora bien, ya ha ingresado la señal al PC, sin embargo ¿cómo identifica el programa que un cambio de intensidad lumínica del ojo quiere decir cursor a la derecha o la izquierda? ¿Cómo decide tal movimiento? Mediante el diseño y funcionamiento de una red neuronal artificial estadística (RNA), una herramienta computacional que simula la manera de operar del cerebro humano.

Es más, las RNA están compuestas de un gran número de elementos de procesamiento altamente interconectados (Neuronas) trabajando al mismo tiempo para la solución de problemas específicos. De esta forma, Miranda y su colega Edwin Silva, “entrenaron” una red neuronal estadística para que reconociera parámetros e instrucciones que le permitiera seleccionar y decidir el movimiento del cursor, mediante la identificación de los cambios de intensidad específicos de la señal lumínica, transformados en pulsos, provenientes del movimiento de los ojos del usuario del MV.

Finalmente, hacía falta que las decisiones de la red neuronal llegaran directamente al dispositivo que controla el *mouse* en el software del computador. Esto se logró gracias a la cooperación del ingeniero Oscar Miranda, quién diseñó el programa que permitió que los parámetros dictados por la red fueran ejecutados por el cursor. Cabe agregar que existen prototipos como el *Head Mouse* realizado en España que permite el movimiento del cursor dirigido por la cabeza.

Fuente: Boletín NOTICyT No. 11 de 2008. Por Yino Castellanos Camacho.

notas breves

La búsqueda del carcinoma de la próstata

Rodolfo Varela
Instituto de Cancerología

La próstata es un órgano glandular pélvico masculino, en forma de pera, ubicado alrededor de la uretra inmediatamente inferior al cuello vesical. Tiene un peso aproximado de 18 gramos y se encarga de producir líquido para el semen (Walsh *et al.*, 2002).

Dentro de las causas predisponentes para presentar cáncer de próstata (CP) se encuentra la edad, ya que muestra una detección en progresivo aumento con el paso de los años, y se determina generalmente en personas mayores de 65 años, aunque en la última década se ha venido disminuyendo dicha edad (Vogelzang *et al.*, 2006). Otro factor de riesgo es la raza, con una mayor incidencia y mortalidad en los hombres negros (Hoffman *et al.*, 2001). Esta claro, adicionalmente, que hay dos a tres veces mayor probabilidad de presentar CP en familiares de primer grado (hermanos y padre) (Hayes *et al.*, 1995). Aparentemente, también existe relación con la obesidad pero no hay estudios concluyentes al respecto, al igual que la relación con las dietas y medicaciones con sustancias antioxidantes (vitamina E, selenio, licopeno) (Vogelzang *et al.*, 2006).

El CP es el cáncer de mayor incidencia mundial en los hombres, con cerca de 680.000 casos nuevos diagnosticados anualmente. En Estados Unidos, alcanza tasas de incidencia (ajustadas por edad) de 128 por 100.000 hombres, y es la segunda causa de mortalidad por cáncer después del cáncer de pulmón (Globocan, 2002). Un estadounidense de cada seis tendrá un diagnóstico de CP y un 2% de personas podrá morir a causa de éste (Murphy *et al.*, 2004). En Colombia, a pesar de no tener un registro tan exacto, no alcanza tasas de incidencia tan elevadas, pero es el cáncer que representa la primera causa de incidencia en hombres, con una tasa de 48 casos nuevos por 100.000 hombres, que se traduce en cerca de 6.500 casos nuevos al año (Globocan, 2002).

Es también la segunda causa de muerte por cáncer en hombres.

Durante los últimos años el diagnóstico por el CP ha ido en aumento. Esta detección se efectúa por la medición sérica del antígeno específico de la próstata (APE o *Prostatic Specific Antigen*, PSA), cuyo valor normal es inferior a 4,0 ng/ml, y del examen digital rectal (EDR). Si alguno de los dos o ambos son anormales, se debe realizar una biopsia prostática guiada por ecografía transrectal. La ecografía prostática no sirve para definir la presencia del CP sino únicamente para dirigir la biopsia.

El inconveniente que ha surgido es si los individuos asintomáticos deben realizarse estas pruebas. Por esto ha surgido la posibilidad de la tamización. La tamización del CP significa la implementación de un programa de detección temprana en individuos asintomáticos, a fin de disminuir la mortalidad del CP, mediante estudios asequibles, poco invasivos y económicos, que permitan un tratamiento curativo de la enfermedad.

El cáncer de próstata es el de mayor incidencia mundial en los hombres, con cerca de 680.000 casos nuevos diagnosticados anualmente.

Cabe enfatizar que abarca a las personas asintomáticas, ya que si se presentan síntomas, es más claro que se deben hacer los estudios respectivos.

En Estados Unidos, la American Urological Association (Asociación Urológica Americana) y la American Cancer Society (Sociedad Americana de Cáncer) promueven programas de tamización organizada realizando el APE y el EDR a todos los hombres mayores de 50 años, pero aquellos de alto riesgo (raza negra y con familiares en primer grado que tienen CP) deben iniciar los análisis a partir de los 40 años (Ornstein y Andriole, 1999). Otras sociedades como la

American Medical Association (Asociación Médica Americana) y la American College of Physicians-American Society for Internal Medicine (Sociedad del Colegio Americano de Médicos y de Medicina Interna) no recomiendan la tamización. Y otros como el Preventative Services Task Force (Grupo Especial de Servicios Preventivos) definieron que no hay claro beneficio con la realización de la tamización mediante el uso de APE y EDR en el CP (Crawford *et al.*, 2006).

La duda ha surgido por la alta prevalencia de la enfermedad, con una incidencia elevada y una mortalidad baja, reconocida por estudios de autopsia en los cuales se demuestra la presencia de tumores prostáticos desde la cuarta década de la vida y hasta cerca de 80% a lo 80 años (Sakr *et al.*, 1994). Eso significa que muchos hombres tienen CP pero no mueren *por él* sino *con él*. Por esto se han desarrollado múltiples estudios con parámetros clínicos que orienten la identificación de los tumores prostáticos que sean significa-

tivos, o sea, aquellos que sí produzcan morbilidad o mortalidad, y descarten los latentes y no agresivos. Pero estas características, como el volumen tumoral, la diferenciación histológica, el nivel del APE, el número de muestras biópticas positivas y su porcentaje total, han tenido pobre validación en grandes estudios (Arndt *et al.*, 2007) y no se ha llegado a una conclusión a este respecto.

Por esta discrepancia, y para determinar la disminución de la mortalidad en CP, se están llevando a cabo dos estudios aleatorizados, cuyos resultados preliminares estarán disponibles a mediados

de 2008: The Prostate, Lung, Colorectal and Ovarian Cancer Screening Trial, PLCO, que se efectúa en Estados Unidos, y The European Randomized Study of Screening for Prostate Cancer, ERSPC, con base en Europa (De Koning *et al.*, 2002).

Por el momento, mientras se obtiene más claridad sobre este tópico, lo que se hace en muchos centros mundiales, donde no hay un programa organizado y generalizado de tamización, es, eventualmente, efectuar una tamización de oportunidad, que significa que se les realizan los estudios de APE y EDR a los pacientes que espontáneamente van a la consulta, y se les inicia el estudio si ellos lo desean.

Referencias

Arndt B, *et al.*, Validation of pre-therapeutic criterias and nomograms for

identifying insignificant prostate cancer. *Eur Urol Suppl.* 2007; 6: 49 (abstract No. 107).

Crawford ED *et al.*, Prostate specific antigen changes as related to the initial prostate specific antigen: data from the prostate, lung, colorectal and ovarian cancer screening trial. *J Urol.* 2006, 175: 1286-1290.

De Koning HJ *et al.*, Large-scale randomized prostate cancer screening trials: program performances in the European Randomized Screening for Prostate Cancer Trial and the Prostate, Lung, Colorectal and Ovary Cancer Trial. *Int J Cancer.* 2002, 97: 237-244.

Globocan <http://www-dep.iarc.fr/>, 2002.

Hayes RB *et al.*, Prostate cancer risk in U.S. blacks and whites with a family history of cancer. *Int J Cancer.* 1995, 60: 361-364.

Hoffman RM *et al.*, Racial and ethnic differences in advanced-stage prostate cancer: The Prostate Cancer Outcome Study. *J Natl Cancer Inst.* 2001, 93: 388-395.

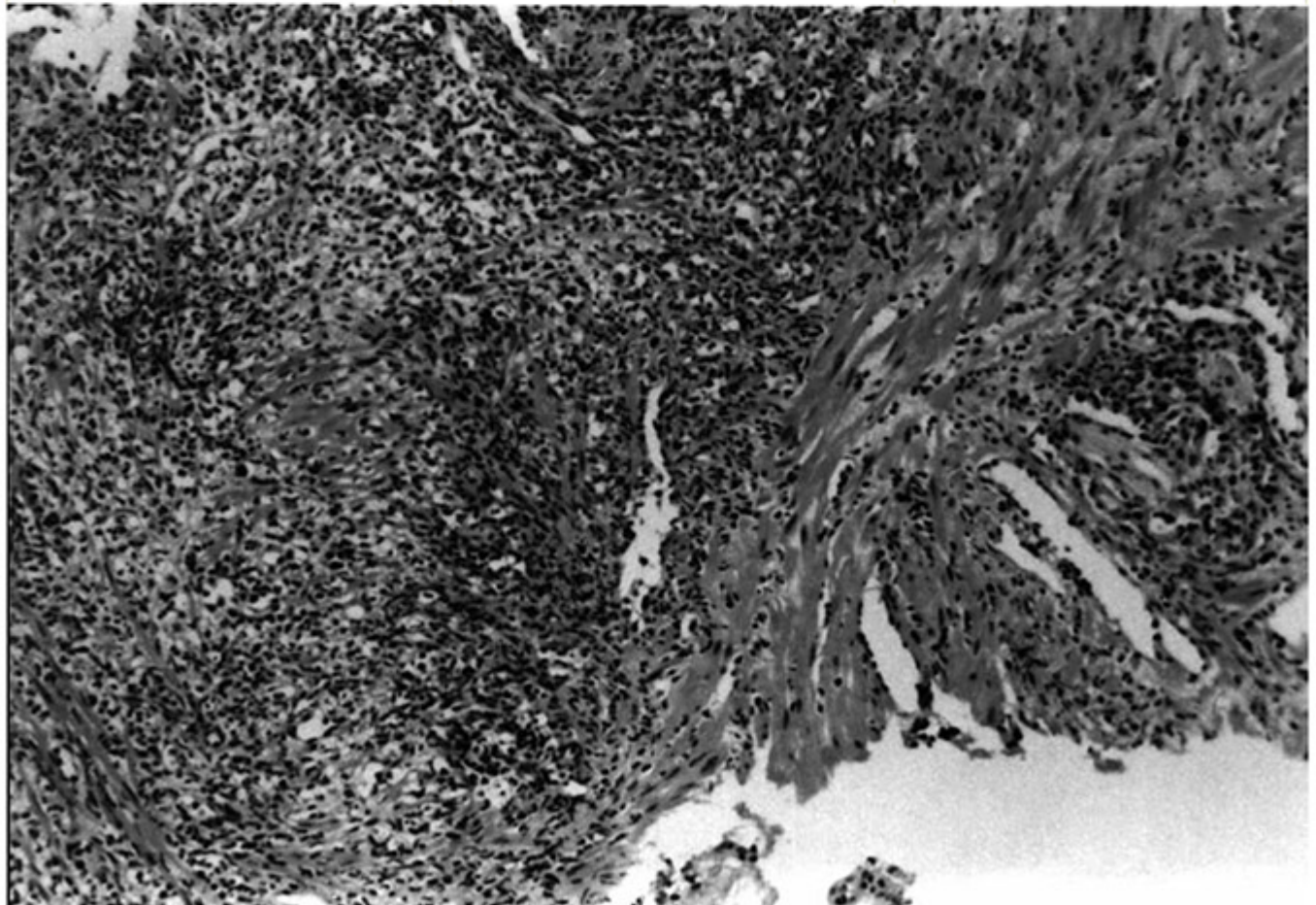
Murphy AM, McKiernan JM y Olsson CA, Controversies in prostate cancer screening. *J Urol.* 2004, 172:1822-1824.

Ornstein DK y Andriole GL, Screening for prostate cancer in 1999. *AUA update series* 1999, 18:1-8.

Sakr WA *et al.*, High grade prostatic intraepithelial neoplasia (HGPIN) and prostatic adenocarcinoma between the ages of 20-69: an autopsy study of 249 cases. *In Vivo*, 1994, 8: 439-444.

Vogelzang NJ *et al.*, Comprehensive textbook of genitourinary oncology, tercera edición, Philadelphia, Lippincot Williams and Wilkins, 2006.

Walsh PC *et al.*, Campbell's urology, octava edición. Philadelphia, Saunders, 2002.



Muestra de adenocarcinoma prostático, obtenida por punción biópsica prostática. <http://www.scielo.cl/fbpe/img/rmc/v127n12>



Especificaciones para la presentación de artículos a la revista

Innovación y Ciencia

TEMAS

Ciencias naturales, físicas y sociales, tecnología, política científica y tecnológica, historia de la ciencia.

LENGUAJE

- Claro, ágil y de fácil comprensión para el lector no especializado. Es importante que el título sea atractivo además de significativo.
- Los términos técnicos deben ir seguidos de una definición sencilla entre paréntesis o entre comas; ejemplo: "... en general se registra taquipnea (respiración rápida), cianosis (coloración azulosa de mucosas y partes más claras de piel)...".
- Cuando se incluyan siglas o símbolos, la primera mención debe decodificarse; ejemplo: "En medicina humana se ha acuñado la expresión síndrome de dificultad respiratoria del adulto (SDRA)".
- Sólo deben usarse abreviaturas y expresiones matemáticas en casos estrictamente necesarios.

EXTENSIÓN

Máximo 10 páginas tamaño carta en letra Arial 12, a doble espacio (excluyendo ilustraciones y cuadros).

FORMATO

Texto impreso y copia en CD o disquete, preferiblemente en formato Word.

MATERIAL GRÁFICO

Es importante anexar el mayor número posible de ilustraciones, fotografías y diapositivas, acompañadas de notas explicativas (pie de fotos) y sugerencias de ubicación dentro del texto. Este material puede incluir:

- Fotografías originales en papel fotográfico o diapositivas.
- Fotografías en versión digital de alta resolución (300 DPI) en formato .tif, .jpg o .eps.
- Esquemas gráficos explicativos (versión impresa o digital).
- Tablas o recuadros sin demasiadas columnas.
- El material fotográfico no debe ser tomado de libros, revistas ni internet y debe indicarse su autoría o fuente, si es necesario.
- Del material recibido se seleccionará el de mayor calidad para su publicación y una vez editada la revista el material será devuelto al autor.

REFERENCIAS

En el texto, las referencias se deben citar con el apellido del primer autor y la fecha de publicación. El listado de referencias se debe organizar en orden alfabético, con el siguiente formato:

1. Artículo de revista científica:

Lee, M. R.; Ho, D. D.; Gurney, M. E. (1987), *Functional Interaction and Partial Homology Between Human Immunodeficiency Virus and Neuroleukin*, *Science* 237, 1987: 1047-1051.

2. Artículo de libro:

Day, R. A. (1990), *Cómo escribir y publicar trabajos científicos*, Washington, Organización Panamericana de la Salud.

RESUMEN

Descripción breve (5 oraciones cortas) del tópico central del artículo, para su inclusión en el índice de la revista.

IDENTIFICACIÓN DEL AUTOR

- Nombre
- Títulos
- Cargo actual
- Correo electrónico
- Dirección postal

RECOMENDACIONES

Los artículos que hayan aparecido en otras publicaciones, los informes de investigación en curso y aquellos textos cuyos temas sean muy especializados y de interés exclusivamente local no serán considerados para publicación.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA EL AVANCE
DE LA CIENCIA —ACAC—

Calle 44 N° 45-67 Unidad Camilo Torres
Bloque C, Módulo 3, Bogotá, D.C., Colombia
Teléfonos: 3155898 - 3150734 Fax: 2216950
innovacionciencia@acac.org.co

notas breves

Click chemistry in situ y su aplicación en la búsqueda de nuevos medicamentos

Diego Gamba
???

El proceso tradicional para el descubrimiento de medicamentos, basado en la extracción, identificación y estudio de las propiedades de los metabolitos naturales secundarios, es lento, costoso y demanda una gran cantidad de trabajo. En las últimas décadas han aparecido técnicas que facilitan dicho trabajo; un ejemplo es la llamada "química combinatoria". En este artículo se presenta una breve explicación de esta técnica, conocida como *click chemistry*, así como sus principales limitaciones.

Tradicionalmente, las moléculas biológicamente activas deben sintetizarse una por una. Obtener una gran cantidad de compuestos es, por lo tanto, una labor que requiere bastante tiempo y personal. La "química combinatoria" tiene como objetivo sintetizar al mismo tiempo una gran cantidad de compuestos, para luego revisar sus propiedades y, de esta manera, aislar e identificar solamente las moléculas que tengan la actividad biológica más prometedora (ver la figura 1).

Un estudio computacional realizado por Guida y colaboradores (Research Department, Pharmaceuticals Division, Ciba-Geigy Corporation), en 1996, mostró que la cantidad de moléculas con posible actividad biológica con menos de 30 átomos diferentes del hidrógeno y menos de 300 UMA (unidad de masa

atómica, también llamada Dalton) puede ser alrededor de 1063. Esta cantidad es extremadamente grande, más aún si se tiene en cuenta que actualmente sólo una muy pequeña parte de este universo ha sido explorado. Hoy en día se conocen algo así como 106-107 moléculas que hayan mostrado tener actividad biológica.

Si tenemos en cuenta que un químico convencional puede sintetizar entre 5 y 10 compuestos por mes, el desarrollo de la química combinatoria plantea la necesidad de automatizar la síntesis, utilizando equipos robotizados

La "química combinatoria" tiene como objetivo sintetizar al mismo tiempo una gran cantidad de compuestos.

que permitan realizar varias síntesis simultáneamente.

Ahora bien, la síntesis robotizada no se puede llevar a cabo en fase líquida, como es habitual, lo que ha obligado al desarrollo de soportes sólidos inertes que permitan la utilización de estos equipos especiales.

Lógicamente, el costo de este tipo de equipos y materiales es una limitante para la investigación. Otro problema de la química combinatoria es que, una vez sintetizados los compuestos, se tienen uno o varios

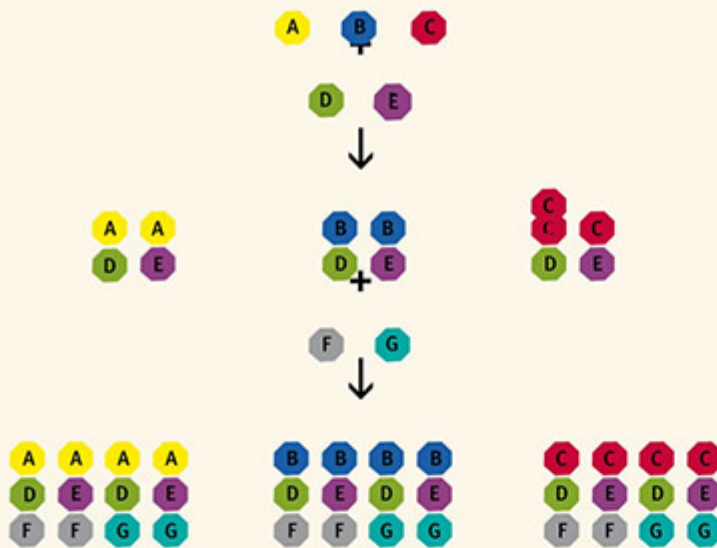
lotes de moléculas que han mostrado una actividad biológica interesante, pero no se conoce exactamente qué compuesto o fracción es el responsable de dicha actividad. Para saberlo es necesario aislar e identificar el compuesto activo, lo que obliga a usar técnicas de purificación avanzadas, usualmente costosas.

En 2001, el científico norteamericano K. Barry Sharpless (premio Nobel de Química en 2001) introdujo el término *click chemistry* para referirse a un nuevo enfoque en la síntesis de moléculas biológicamente activas. Con este enfoque

se puede acelerar el proceso para descubrir nuevos medicamentos utilizando sólo unas pocas reacciones, conocidas como *click reactions*.

El propósito de la *click chemistry* es mejorar los métodos de obtención de moléculas biológicamente activas mediante la utilización de reacciones con características específicas y fácilmente utilizables, que permiten obtener una gran cantidad de compuestos en corto tiempo, a bajo costo y sin la producción de desechos nocivos para la salud y para el medio ambiente.

Figura. Química combinatoria



Sharpless define *click reaction* como una reacción que debe

- ser modular.
- tener altos rendimientos.
- solamente producir subproductos inofensivos que puedan ser removidos mediante técnicas no cromatográficas.
- ser estereo-específica (no necesariamente enantioselectiva).

En cuanto al proceso de síntesis, éste debe poseer como características principales:

- Condiciones de reacción simples; idealmente, el proceso no debe ser sensible al oxígeno ni al agua.
- Productos de partida y reactivos fácilmente accesibles.
- Disolventes no nocivos y que sean fácilmente removidos (idealmente, agua).
- Fácil aislamiento del producto final.
- Si es requerida la purificación, ésta debe realizarse con métodos no

cromatograficos, como destilación o recristalización.

- Finalmente, el producto debe ser estable bajo condiciones fisiológicas.

El descubrimiento de nuevos medicamentos es un proceso complejo, sobre todo porque no todos ellos actúan de la misma manera en el organismo. Como ya se ha dicho, la llegada de técnicas como la "química combinatoria" y, más recientemente, la *click chemistry* han permitido obtener bancos de

moléculas con propiedades biológicas interesantes. Sin embargo, para que estas moléculas lleguen a convertirse en medicamentos es necesario un largo proceso de pruebas y estudios.

El primer paso en el descubrimiento de un medicamento es la obtención o la identificación de un compuesto con actividad biológica que tenga el potencial de servir como medicamento (en el futuro). Este proceso es tal vez el más largo y complejo, y muchas veces sólo es

posible llegar a una molécula biológicamente activa mediante ensayo y error.

Desde hace varios años se sabe, por ejemplo, que los inhibidores de enzimas pueden ser utilizados como medicamentos.

Una enzima es un catalizador natural, es decir, una sustancia de naturaleza proteica que aumenta la velocidad de una reacción química dentro de un organismo vivo. Estas enzimas tienen una estructura tridimensional y un sitio activo específicos; en otras palabras, las enzimas son selectivas, y sólo actúan sobre un compuesto o tipo de compuestos determinado (ver la figura 2).

Por lo tanto, un inhibidor es por lo general afín al sitio activo de la enzima. Sólo los compuestos con una estructura tridimensional parecida al sustrato natural de la enzima pueden llegar hasta su sitio activo, fijarse allí y, así, inhibir la actividad de la misma.

Como ya se ha dicho, el agua es el disolvente ideal en *click chemistry*, y teniendo en cuenta las diferentes características, tanto del proceso en sí como de las reacciones utilizadas, Sharpless propuso un nuevo concepto: *click chemistry in situ*, cuya finalidad puede resumirse en una frase: "hacer que la enzima cree su propio inhibidor" (ver la figura 3).

El propósito es claro: se deben utilizar reacciones con las características antes expuestas, y dicha reacción se llevará a cabo dentro del sitio activo de la enzima.

Es posible explicar el proceso de la siguiente manera: debe existir un conocimiento mínimo previo de la estructura química de los posibles inhibidores, de esta manera, puede planearse una síntesis utilizando *click reactions*. Estos inhibidores pueden ser construidos mediante la unión de "bloques", que serán puestos en contacto con la enzima bajo las condiciones propicias para la reacción. Así, sólo los bloques que tengan una alta afinidad con la enzima entrarán

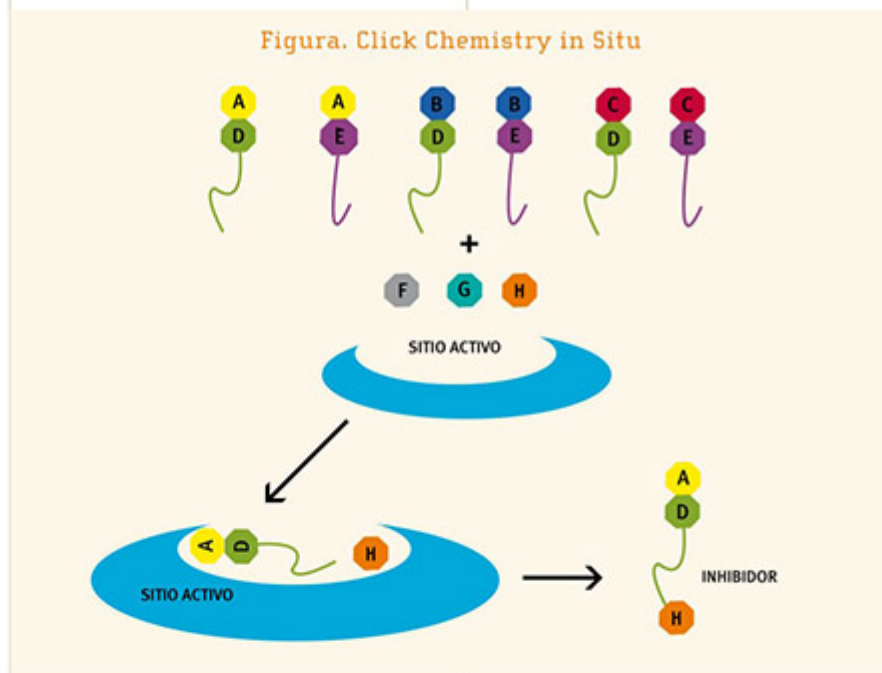
en su sitio activo. La proximidad de los bloques dentro del sitio activo hace que se dé la reacción y, al final, se obtengan solamente compuestos con una gran afinidad por el sitio activo de la enzima, es decir, un inhibidor (ver la figura 4).

Los resultados más sorprendentes de esta metodología fueron obtenidos por el mismo Sharpless en 2002.

Para su trabajo, Sharpless usó la acetilcolinesterasa, que es la enzima encargada de catalizar la hidrólisis de la acetilcolina en colina y ácido acético. Un inhibidor de acetilcolinesterasa se denomina anticolinesterásico. Debido a su función, son neurotóxicos; sin embargo, algunos anticolinesterásicos se utilizan en anestesia o en el tratamiento de la *miastenia gravis* (una enfermedad neuromuscular), del glaucoma (una enfermedad del ojo) y en la enfermedad de alzheimer.

En su experimento, Sharpless tenía 49 pares de bloques, es decir, 98 posibles inhibidores. Sin embargo, una vez puestos en contacto con la enzima, sólo se detectaron y aislaron dos compuestos, que mostraron ser excelentes inhibidores de la enzima, que continúan siendo hoy los más eficaces inhibidores de acetilcolinesterasa, capaces de inhibir la enzima en una concentración femto molar.

En conclusión, el desarrollo de técnicas como la química combinatoria ha permitido avanzar en la búsqueda de nuevos medicamentos. Debido a sus



limitaciones, han aparecido técnicas como *click chemistry*, que es un nuevo enfoque dado a la síntesis orgánica, orientado a la obtención eficiente de moléculas biológicamente activas. En cuanto a la llamada *click chemistry in situ*, la utilización de la enzima dentro del proceso de síntesis permite obtener inhibidores efectivos, y con esto, se acelera aún más el proceso de obtención de nuevos medicamentos.

Referencias

Kolb, H. C.; Finn, M. G.; Sharpless, K. B. 2001. Click chemistry: diverse chemical function from a few good reactio-

ns. *Angew. Chem. Int. Ed.* 40, 2004-2021.

Kolb, H. C.; Sharpless, K. B. 2003. The growing impact of click chemistry on drug discovery. *Drug Discovery Today*. DDT, Vol 8, No.24, 1128-1137;

Borman, S. 2002. In situ click chemistry templating strategy offers potential route to new drugs and other functional compounds. *Cover Story*, Vol 80, No.6, 29-34.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Acetylcholinesterase-1EA5.png>

<http://pubs.acs.org/cen/covers-tory/8006/print/8006clickchemistry.html>

<http://www.cancer.gov.co>. Sitio oficial del Instituto Nacional de Cancerología.

Esta publicación llega a sus manos gracias a

SERVICIOS POSTALES NACIONALES S.A
CORREOS DE COLOMBIA

Consulte nuestro portafolio de servicios de correo y mensajería especializada

018000 111210
Línea Gratuita

notas breves

Gestión tecnológica y propiedad intelectual

Dilia Rodríguez D'Alemán
Directora General Clarke, Modet
& Co. Colombia
drodriguez@clarkemodet.com.co

Vivimos hoy en la economía del conocimiento, y ésta se determina por el grado de desarrollo de los países y de las empresas. La tecnología es esencialmente conocimiento aplicado a la producción de bienes y servicios. Por tal razón, constituye un factor fundamental dentro del mercado, determinando en muchas ocasiones la fortaleza competitiva de una empresa. De ahí que el control del recurso tecnológico genere una ventaja competitiva, siempre que se integre dentro de la estrategia organizacional, al mismo nivel que las demás estrategias de la compañía.

Así las cosas, la tecnología aparece como un recurso que se debe gestionar. Las empresas deben ser conscientes de que, como los demás recursos valiosos, tiene un ciclo de vida dentro de la compañía; el ciclo implica que ese recurso tiene varias etapas: su generación, protección, explotación y, finalmente, extinción, transferencia o agotamiento. Las organizaciones que tienen conciencia de la importancia del conocimiento tecnológico establecen políticas que aplican dentro de todo el ciclo, y procesos definidos en cada uno.

Analicemos cada una de las etapas:

Generación del recurso tecnológico.....●

Las organizaciones deben establecer las necesidades del recurso tecnológico que deben desarrollar, y apuntalar sus áreas de I+D, hacia la creación de conocimiento que sea útil para aplicar a los productos que la compañía produce o producirá. Si es demasiado costoso o no se tiene la capacidad para generar el tipo de conocimiento que necesita, una empresa eficiente no debe gastar recursos económicos y humanos más allá de sus capacidades, sino observar su entorno y, mediante la vigilancia tecnológica, establecer si alguien ya tiene esa tecnología, y adquirirla. La empresa debe conocer el posicionamiento actual y futuro de su tecnología medular.

Protección de la tecnología.....●

Cuando una empresa ha generado un conocimiento útil que la apoya en su competitividad, debe protegerlo para evitar que terceros se aprovechen de ese nuevo conocimiento generado, pero sin invertir los recursos de que tuvo que disponer quien lo desarrolló. Existen dos tipos de protecciones: la protección jurídica y la protección de las instala-

ciones, aunque podemos decir que la primera lleva a la segunda. Existen distintos tipos de protección jurídica que se pueden aplicar al conocimiento tecnológico, dependiendo también de la estrategia competitiva.

- El conocimiento se puede proteger por medio del secreto empresarial, una patente o un modelo de utilidad, y según la forma de aplicarlo, también se puede proteger por medio del software. El secreto empresarial es conveniente cuando el conocimiento se aplica a nuevos procesos o mejora los existentes; si el conocimiento mejora el desempeño de los productos que irán al mercado o se aplica a unos nuevos, es conveniente y, más aún, necesario protegerlo mediante una patente o un modelo de utilidad, los cuales requieren, como es sabido, de un trámite ante el Estado y su consiguiente revelación al mercado. El software protege los programas de computador que se aplican en los procesos operativos. Un software puede también protegerse a través del secreto empresarial, en la medida en que la empresa tome las medidas necesarias para que no se conozcan por terceros la aplicación y existencia de ese software específico. La protección del secreto empresarial (información confidencial, procesos, fórmulas, resultados de estu-



dios, etc.) se hace mediante cláusulas de confidencialidad y protección de las instalaciones. De lo anterior podemos concluir que debe existir una estrategia jurídica que busque la protección adecuada y racional.

La protección puede tener costos, como el caso de las patentes o modelos

dos exteriores o puede llegar a tenerlos, debe planear una protección externa, y hacerlo teniendo en cuenta los distintos tratados públicos internacionales que se pueden aplicar en estos casos.

- Sea cual sea el tipo de protección que se le aplique al conocimiento tecnológico, una vez cumplido el proceso

patrimonio de la compañía y que puede valorizarla de manera importante.

Explotación del recurso tecnológico.....

La tecnología es un recurso que la empresa puede explotar directamente mediante su aplicación a los productos, o licenciándola para que terceros la exploten, a cambio de un canon que, para los bienes intangibles, se denomina regalía. Precisamente, de ahí derivan buena parte de sus ingresos aquellas empresas de base tecnológica que han generado este recurso y lo explotan como un bien independiente. Un importante porcentaje del PIB de los países desarrollados proviene de la explotación de los intangibles o de la aplicación a los productos de un valor agregado (conocimiento, diseño, marca). La tecnología también es un recurso que se puede aportar –debidamente protegido– como

El control del recurso tecnológico genera una ventaja competitiva, siempre que se integre dentro de la estrategia organizacional

de utilidad, o puede no tenerlos como los secretos empresariales y el software. Lo importante es que los recursos financieros que se destinen sean necesarios, pero que también se apliquen racionalmente y de acuerdo con la estrategia competitiva. Si la empresa tiene merca-

de protección, el activo se convierte en derecho. Este tipo de derechos tiene doble aplicación: por un lado, pueden resguardar una ventaja competitiva que convierta a la empresa en un monopolio de su titular, y al mismo tiempo es un bien jurídico que forma parte del

parte de un negocio como *joint venture*, alianza estratégica, o simplemente como aporte de bienes de capital de un socio a una compañía. Como se puede apreciar la tecnología es un recurso que la compañía puede aplicar directamente, o un bien jurídico, independientemente de que se pueda explotar en el mercado. Se deben tener, por tanto, políticas claras en lo relacionado con la explotación de la tecnología, que vayan de acuerdo con las demás políticas y estrategias organizacionales.

Extinción, agotamiento o transferencia (cesión) del derecho sobre la tecnología

El recurso tecnológico puede caer en desuso, de forma concertada por la organización, cuando ya no es útil para los objetivos de la compañía, como es el caso de una tecnología madura u obsoleta. El respectivo derecho sobre la tecnología

deberá dejarse extinguir y, si es el caso, de una patente o modelo de utilidad no pagarse tasas de mantenimiento.

Igualmente, el derecho puede terminarse por vencimiento del término de vigencia: es el caso de las patentes, que duran 20 años, o los modelos de utilidad, que duran 10 años. Ya para esa época, la empresa debe tener otros recursos que le generen ventaja competitiva.

Por otro lado, la empresa puede optar por transferir el derecho, es decir, cederlo a un tercero, a título gratuito u oneroso. Es el caso de aquellas empresas que deciden salir de un área de negocios en la que apliquen tecnología propia y la vendan a un tercero. Puede también ser el caso de aquellas empresas pequeñas que han generado tecnología en laboratorios o tienen un prototipo de producto pero que no lo pueden llevar a producción, y menos, a escalamiento comercial. Si se trata de una tecnología novedosa y con futuro en

el mercado, pueden venderla a terceros que tengan la capacidad económica para su explotación.

No existe una fórmula ideal de gestión tecnológica sino directrices que sirven de guía. Sólo es posible implementar la gestión de la tecnología dentro del contexto de cada organización, teniendo en cuenta sus fortalezas, debilidades, infraestructura y recursos. Sin embargo, en todas las organizaciones deben existir políticas claras sobre generación, protección, explotación y transferencia de tecnología, al igual que procedimientos específicos para cada ciclo de vida del activo tecnológico. Independientemente del tamaño de las organizaciones la mayoría genera o explota algún tipo de conocimiento que les otorga alguna ventaja competitiva. Las empresas deben identificar, inventariar, clasificar y establecer la importancia para el negocio de todas las tecnologías que desarrollan. Ese activo debe gestionarse para optimizarlo y valorizar la empresa.

Clarke, Modet & C^o

COLOMBIA

La gama de servicios de Propiedad Intelectual más completa del sector: asesoramos desde la creación y diseño hasta su explotación y defensa



MODALIDADES INVENTIVAS Y CONSULTORÍA TECNOLÓGICA

- Patentes y modelos de utilidad
- Diseños industriales
- Inteligencia y vigilancia tecnológica
- Variedades vegetales
- Análisis de patentabilidad y estudios de infracciones



MARCAS Y DOMINIOS

- Marcas y nombres comerciales
- Nombres de dominio
- Intermediación en la compra-venta
- Servicio de vigilancia en internet
- Búsqueda y vigilancia



PROPIEDAD INTELECTUAL Y OTROS SERVICIOS

- Derechos de autor
- Licencias y otros contratos
- Valoración de activos de propiedad intelectual
- Sistemas de gestión de propiedad intelectual
- Denominaciones de origen e indicaciones geográficas
- Competencia desleal
- Antipiratería
- Transferencia de tecnología

Dirección General
Carrera 11 N° 86 - 53 Piso 6
Tel: (57 1) 618 1088
Fax: (57 1) 635 0824
Bogotá, Colombia
info@clarkemodet.com.co

Agencia Comercial Medellín
Carrera 43 A N° 1 A Sur - 29, Oficina 408
Tel: (57 4) 311 0001
Fax: (57 4) 311 7312
Medellín, Colombia
medellin@clarkemodet.com.co

CONSULTORES ESPECIALIZADOS EN PROPIEDAD INTELECTUAL

www.clarkemodet.com

¿Dónde está E.T?

La búsqueda científica de vida extraterrestre

Jorge Iván Zuluaga

Doctor en Física, Universidad de Antioquia. Grupo de Física y Astrofísica Computacional (FACom), Universidad de Antioquia. Grupo de Investigación en Modelamiento y Simulación Computacional (GIMSC), Universidad de San Buenaventura (Medellín).

jorge.zuluaga@siu.udea.edu.co

Primera parte. Una ardua tarea

Introducción

Existen preguntas que mientras no encuentren una solución definitiva seguirán martillando en la cabeza de prácticamente todos los seres humanos. Tal vez no todos pensemos en ello, o no lo hagamos todo el tiempo, pero el hecho de relacionarnos con otros, de estar en contacto con medios de comunicación, con el cine, con la televisión y con internet, tarde o temprano nos pone en contacto con una pregunta que ha estado ahí desde hace mucho tiempo: ¿es todo este Universo, tan vasto como no podemos imaginarlo, solamente para “nosotros”? ¿estamos realmente solos en el Universo? ¿hay vida, cualquiera sea su tamaño o forma, en otros lugares del sistema solar y del Universo más allá? ¿Existe otra civilización tecnológica, comunicativa y peleadora, como nosotros, que comparta el presente y el futuro de este longevo Universo?. En síntesis, ¿existen los extraterrestres?

Tal vez el término extraterrestre pueda sonar un poco a ciencia ficción, personajes de la literatura y el cine, un poco a especulaciones pseudocientíficas o a la imaginación sin límites de los niños. He escogido el término porque es precisamente por lo anterior que el problema de la existencia de vida extraterrestre (vida que surge y evoluciona fuera de la Tierra) ha llegado a todas las esquinas de nuestra sociedad. De alguna manera, pretendo también exorcizar un término que ha recibido una inmerecida publicidad negativa o una excesiva dosis de atención en grupos pseudocientíficos.

Pero la pregunta de ¿existen los extraterrestres? (que abreviaré en adelante como E.T., para referirme a estas formas de vida, tanto en singular como plural) es realmente distinta a aquella de ¿dónde está E.T.? La última parece suponer que sabemos que existen y sólo resta encontrarlos. Pero ni lo uno ni lo otro ha podido ser resuelto aún por la ciencia, de modo que sólo puedo defender mi manera de formular el problema de este escrito como parte de mi propia esperanza de que el Universo esté poblado de vida más de lo que hemos encontrado. Esta es también la esperanza de muchos científicos que estudian el problema en el presente. Pero la Ciencia no se hace de esperanzas, aunque la literatura divulgativa no tiene por qué abstraerse de esos mundanos sentimientos.

Sin más preámbulos, permítanme presentarles en este escrito una colección de ideas, evidencias, datos, teorías, etc., todos ellos en el marco de la ciencia, que están relacionados directamente con el problema de la vida en el Universo. La mayoría de estas ideas que iluminan actualmente el camino que recorre la humanidad hacia la solución a esta pregunta fundamental, son en su mayoría desconocidas, tergiversadas o, en el mejor de los casos simplemente poco divulgadas.

La disciplina que investiga sobre la vida extraterrestre es la denominada “astrobiología” o “exobiología”

Una cuestión de definiciones

Una de las claves para formular bien una pregunta, o por lo menos para que sea lo suficientemente precisa para intentar contestarla, es utilizar en ella los términos más precisos y concretos que se pueda. Casi todas las veces, el problema mismo de las preguntas importantes es simplemente una cuestión de definiciones.

Para empezar entonces esta reflexión, permítanme enumerar un par de términos importantes sobre los que debemos, por lo menos, acordar alguna definición básica.

La palabra extraterrestre o E.T. (que intencionalmente he utilizado haciendo referencia a un clásico del cine "gringo"), como se indico antes, será utilizada aquí de manera genérica para referirnos a la "vida extraterrestre". Por vida extraterrestre entenderemos cualquier forma de vida que haya surgido y evolucionado más allá de los límites de nuestro planeta.

¿Pero qué es eso que llamamos "vida"? No es posible creer que puedo definir este concepto en el espacio de este escrito. Responder a esta pregunta, definir exactamente qué es la vida, ha resultado ser para los expertos uno de los problemas más complejos (aunque para algunos inútil) relacionados con ella. Puede que definir un término como éste sea sólo el intento de la razón para poner en compartimentos separados las ideas clave sobre el mundo, una manía muy humana y, ciertamente, muy científica. Pero existe una importante posibilidad de que definir la vida sea precisamente la clave para entender la esencia misma de este maravilloso fenómeno.

La frase "si hablo de ella la entiendo, si intento definirla no la entiendo", tal vez sea la mejor manera de resumir el problema que los científicos tienen entre manos a la hora de llenar algunos espacios

vacíos en los glosarios. Pero en algo debemos ponernos de acuerdo si queremos abordar el problema de la existencia de vida más allá de la Tierra. La verdad es que parte de la respuesta a la pregunta que motivó este escrito depende críticamente de entender qué es la vida.

Una definición bastante compacta (pero al parecer incompleta) afirma que un organismo vivo

¿cuáles son las cosas que podrían revelarnos la existencia de extraterrestres y señalarlos dónde están?

es aquel que crece a través del metabolismo, la reproducción y la adaptación [1, 2]. Debemos reconocer que estas tres propiedades fundamentales están en la raíz de todos los organismos que reconocemos como vivos. ¿Pero es suficiente decir que una cosa que se reproduce, come y se adapta está viva? Una manera más exhaustiva de definir lo vivo, pero que también puede dar más espacio para la confusión y las ambigüedades, es aquella que afirma que la vida es la característica fundamental de algunos sistemas físicos que tienen la "mayoría" de las siguientes propiedades [2]: 1) *Homeostasis*: capacidad para regularse y mantenerse en condiciones estables, a pesar de que se presenten variaciones en su entorno; 2) *Organización*: sus partes no están por ahí distribuidas y relacionadas al azar o de forma irregular; 3) *Metabolismo*: capacidad para transformar algunas sustancias en otras y que, en general, da como resultado la liberación de energía; 4) *Crecimiento*: capacidad para sumar más materia de la que pierde; 5) *Adaptación*: capacidad para cambiar para hacerse más acordes con las condiciones externas; 6) *Respuesta a estímulos*: capacidad para cambiar o reaccionar ante entradas de cualquier tipo desde el "exterior", y 7) *Reproducción*: capacidad de crear copias idénticas o prácticamente idénticas de sí mismos.

Sin pretender adentrarnos en las problemáticas que surgen de las anteriores definiciones, basta con decir que la mayoría de las cosas que consideramos vivas en la Tierra satisfacen las siete propiedades descritas. Otras lo hacen parcialmente. Sin embargo, esas siete posibilidades nos ofrecen al menos una hoja de ruta completa para identificar la vida cuando nos la topemos allá afuera, aun si es en apariencia, química y diseño muy diferente de la nuestra.

Una cosa más quiero que acordemos. ¿A qué nos referimos aquí con "búsqueda científica"? El intelecto humano es rico y diverso. Las respuestas a las preguntas fundamentales pueden venir de



muy diversas fuentes o construirse de muy diversas maneras. Durante los últimos 2.000 años (¡casi toda la historia!), una forma de indagación y respuesta ha resultado particularmente exitosa y prolija. Hoy la llamamos Ciencia. A la pregunta de si existe o no vida extraterrestre, otras maneras de pensar el mundo han ofrecido respuestas alternativas. La investigación científica se basa en la recolección de la mayor cantidad posible de evidencia, y en la validación de esa evidencia, usando distintas formas de interpretación y la recolección independiente de los mismos datos en las mismas condiciones (verificabilidad). El análisis de las pruebas que recogemos en nuestros experimentos científicos se hace de forma absolutamente rigurosa, además de estar desprovista de pasiones humanas. Esto último es, sin embargo, prácticamente imposible. Pero para curarse de los determinantes “subjetivos”, la ciencia ha inventado un método, que consiste en la revisión conjunta de las mismas evidencias por un grupo de pares académicos del más diverso origen y que leen con perspectivas distintas las mismas pruebas. De otra parte, los métodos de divulgación únicos de los que dispone la ciencia son también una de sus características fundamentales. Todo comienza con la divulgación de las ideas en círculos privados, normalmente a los que pueden acceder grupos restringidos de expertos. Después de ello, la ciencia desciende gradualmente hasta alcanzar al gran público y, finalmente, la escuela básica. Lo cierto es que la mayoría de las ideas científicamente construidas que circulan entre nosotros han estado “cocinándose” por años en el seno de una sociedad de especialistas. Cuando salen a la luz, llevan el sello de “garantía científica”, y no el dudoso certificado de uno o de dos “gurúes” o “iluminados” sino el de muchas mentes distintas y brillantes.

La mayor parte de lo que presentaré en este escrito proviene del trabajo de la Ciencia. Cualquier otra pieza de conocimiento sobre el problema, obtenida por fuera de un quehacer científico, ha sido omitida deliberadamente. Estoy seguro de que cualquier interesado en formas alternativas de ver el problema encontrará abundante material escrito en librerías, bibliotecas, costosas conferencias, cursos o internet.

La policía astrobiológica

Una vez definido lo que estamos buscando (o con la ilusión de haberlo hecho), podemos ponernos manos a la obra para diseñar las herramientas y métodos que nos permitirán encontrar a E.T.

Con nuevas y antes impensables capacidades para sondear lugares remotos más allá de la Tierra y una avanzada capacidad tecnológica para llevar hasta otros mundos instrumentos científicos, la investigación sobre la vida extraterrestre se ha convertido, a partir de la última mitad del siglo xx, en una verdadera causa científica. Hoy por hoy, esta disciplina está asociada directamente a una de las más acti-



vas áreas de investigación en astrofísica, y una muy interesante por cierto, al mezclar especialidades muy diversas como la biología, la química y la astrofísica. A esta relativamente novedosa área se la ha denominado “astrobiología” o “exobiología”.

No encuentro una manera mejor de describir a un astrobiólogo o un exobiólogo que compararlo con un investigador policíaco. Con muy pocas evidencias a la mano, un problema enorme y complicado por resolver, un mundo complejo lleno de señales confusas sobre lo que busca, el astrobiólogo tiene que resolver el importante “caso” de la vida más allá de la Tierra y, además, hacerlo científicamente.

¿Qué evidencia busca la policía astrobiológica? ¿cuáles son las cosas que podrían revelarnos la existencia de extraterrestres y señalarnos dónde están? ¿Cómo se manifiesta la vida cuando la observamos desde distancias tan remotas como las que nos separan de las estrellas e incluso de los cuerpos del sistema solar? Existen cinco tipos distintos de rastros producidos por la vida (en adelante “biorrastros”) que podríamos diferenciar y reconocer durante una investigación exobiológica. Ellos son: 1) los rastros químicos, 2) los rastros fósiles, 3) los organismos vivos, 4) las señales de radio artificiales y 5) los “encuentros cercanos”. La búsqueda de cualquiera o todas estas evidencias es el corazón mismo de la investigación exobiológica.

A continuación profundizaremos en lo que cada rastro significa y los lugares potenciales en los que podríamos encontrarlos.

Los rastros químicos. Hallar restos químicos reconocibles de lo que podría ser la actividad o el metabolismo de un organismo vivo en otro lugar del Universo, es probablemente la evidencia más simple de vida extraterrestre. Pero simple no significa que la presencia de estos rastros indique irremediamente la existencia de vida. Por el contrario, la química puede ser la más engañosa de las aliadas en la búsqueda de E.T. Lo de simple es porque los mecanismos, métodos y herramientas para encontrar este tipo de biorrastros ya existen y los instrumentos que lo hacen llevan funcionando varios años sin descanso.

Todos los organismos vivos que cumplen con las propiedades clave descritas en el aparte anterior intercambian materia y energía con su medio ambiente. En masa suficiente, una comunidad de E.T. sería capaz de transformar químicamente su medio, y en algunos casos, de formas realmente radicales.

Uno de los ejemplos genéricos más conocidos de biorrastros químicos, son los gases producidos en procesos básicos como el metabolismo y la excreción. En la Tierra, una importante porción de los organismos vivos, plantas y otros organismos fotosintéticos, producen en sus procesos metabólicos, por ejemplo, oxígeno molecular en estado gaseoso. No existen muchas fuentes geológicas de oxígeno. Los gases en las atmósferas de los planetas son producidas, en general, por dos

tipos de mecanismos: la desgasificación a través de procesos como las erupciones volcánicas y otros fenómenos geológicos, y los procesos químicos complejos que pueden suceder en su superficie o en la atmósfera misma, y en los que se convierten unas sustancias en otras. La presencia, entonces, de oxígeno en abundancia suficiente en la atmósfera de un planeta podría ser una evidencia concreta de la existencia de un organismo que “respira” y come en la superficie del planeta. Para hacerse a una idea del poder que este método tendría para distinguir algún tipo de vida, de otros completamente estériles, comparemos la cantidad relativa de oxígeno en la atmósfera de la Tierra y aquella presente en las de Venus y Marte, planetas similares al nuestro pero que hasta el presente no parecen contener ninguna forma de vida. Mientras que una quinta parte de la masa de nuestra atmósfera está hecha de oxígeno molecular, tan sólo dos partes por mil de la masa de la atmósfera de Marte esta en la forma de esta molécula mágica. En Venus, ni siquiera se tienen rastros de ella.

Otra molécula “mágica” que podría usarse como un biorrastros es el metano. Este hidrocarburo “mal oliente” se produce en la Tierra como resultado de transformaciones químicas en organismos microscópicos que viven en el interior de algunos animales superiores y otros organismos. ¿Pero puede producirse metano por otros medios naturales? El metano, cuya fórmula química es CH_4 , está hecho de dos de los elementos más abundantes del Universo: el carbono y el hidrógeno. En planetas gigantes, este gas está presente en cantidades importantes (el color azulado y verde azulado de Urano y Neptuno es causado principalmente por la presencia de este gas), pero esto responde al hecho de que allí el hidrógeno abunda en cantidades enormes. En planetas más pequeños y sólidos, la existencia de gas metano libre en la atmósfera no es tan fácil de entender. Si bien algunos procesos geológicos pueden producir una cantidad moderada de este gas, se cree que sólo procesos químicos complejos asociados con la vida son capaces de producir cantidades decenas de veces más grandes. En la Tierra, por ejemplo, el 95% del metano atmosférico es producido por la vida.

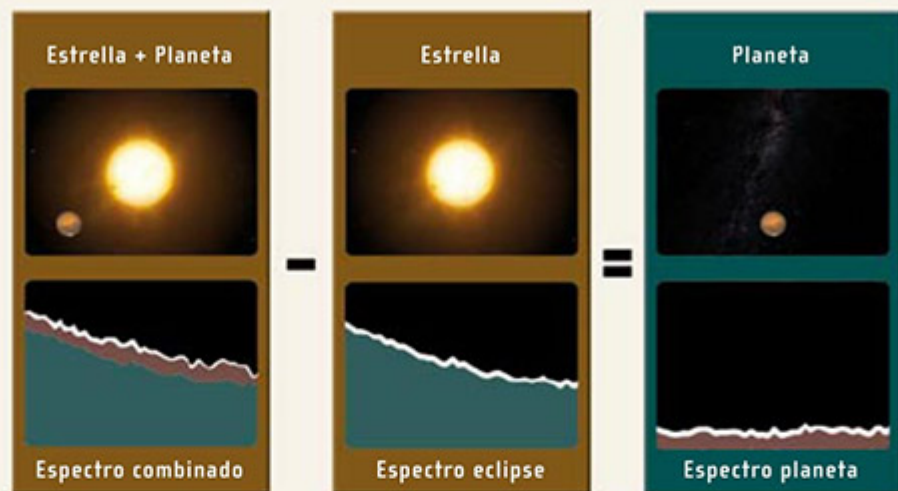
Otro biorrastros muy popular es el agua líquida. En este caso, sin embargo, hay que reconocer una diferencia fundamental con el oxígeno y el metano. El agua no es producido por la vida. La llamamos biorrastros porque, por lo menos para la vida que conocemos, la existencia de agua líquida es considerada una condición fundamental. Se resalta que no estamos hablando del agua en cualquier estado (gas, líquido o gaseoso). Sólo el estado líquido, el más difícil de conseguir también, es, como explicaremos más adelante, adecuado para dar sustento a la vida.

La detección, entonces, de abundante vapor de agua en la atmósfera de un planeta lejano (producido seguramente por la evaporación de grandes masas de agua líquida) o el hecho de que se reconozca que la atmósfera de un planeta tiene las temperaturas y presiones apropiadas para el agua líquida, podría ser un indicativo de que la vida habría tenido una oportunidad para nacer y florecer en esos lugares.

¿Pero es el agua líquida una condición *sine qua non* para la vida? No necesariamente. Si bien la existencia del “bendito” líquido favorecería seguramente la aparición de una bioquímica muy parecida a la de los organismos vivos en la Tierra, su ausencia no descartaría tampoco la existencia de organismos con una bioquímica distinta que no requirieran el H_2O para sus propósitos. Todo lo que necesita un organismo para florecer es que la química de los procesos que lo sustentan sea lo suficientemente activa como para dotarlo de las propiedades definidas anteriormente. Para ello es necesario que las moléculas de la vida puedan moverse en libertad pero, al mismo tiempo, con una alta posibilidad de encontrarse con otras moléculas. Esta condición se da de forma natural en un líquido. La vida no necesariamente necesita agua líquida pero sí seguramente un líquido que la disuelva. Lamentablemente, esta condición no es nada fácil de satisfacer. Si bien algunas sustancias abundantes en el Universo pueden

Una de las formas de determinar la composición química de la atmósfera de un planeta extrasolar es utilizar las huellas espectrales

Figura 1. Espectros planetas extrasolares



Una de las formas de determinar la composición química de la atmósfera de un planeta extrasolar es utilizar las huellas espectrales dejadas por los gases atmosféricos en la luz de su estrella central durante los eclipses planetarios.

estar en condiciones correctas en estado líquido (el mismo metano, el etano, el amoníaco, entre otras), la mayoría de ellas necesita temperaturas extremadamente bajas para estarlo [3]. No todos los líquidos pueden “disolver” la enorme diversidad y variedad de sustancias producidas por los organismos vivos. Es necesario un solvente capaz de dar cabida a una gran diversidad de moléculas orgánicas, y el agua, en este caso, sale ganando (precisamente, su propiedad de disolver casi todo le ha valido el apodo de “solvente universal”). Adicionalmente, el agua es la sustancia estable más simple hecha a partir de los elementos más abundantes del Universo: hidrógeno (primer lugar) y oxígeno (tercer lugar.) Con todo esto, no es entonces un simple capricho, ni una posición centrada en nuestras propias formas de vida, decir que sin agua líquida la posibilidad de que exista vida en un lugar fuera de la Tierra se reduce considerablemente. Nuestro “encariñamiento” con el agua tiene profundas raíces químicas y físicas.

¿Cómo encontraremos metano, oxígeno o vapor de agua, en planetas o lunas situados a varios centenares de años luz de la Tierra y apenas visibles para los más avanzados telescopios? La clave está en la descomposición de la luz que nos llega de ellos (análisis espectral). La luz que reflejan y transmiten la atmósfera y superficie de los planetas, es la luz de sus estrellas pero contaminada por la ausencia de algunos colores productos de la absorción de los gases atmosféricos. Cada sustancia en estado gaseoso tiene la capacidad para absorber selectivamente formas de luz distintas. Al oxígeno molecular le gusta aquel tono de amarillo, al agua le atrae el infrarrojo. La observación de la luz de la estrella, la ausencia de las formas de luz que les gustan a unas u otras sustancias, pondrá en evidencia la composición química de las atmósferas planetarias, y así, de forma *muy indirecta*, la existencia de E.T. (ver la figura 1).

Los fósiles. Los fósiles de organismos que existieron en tiempos remotos sobre la superficie o el subsuelo de otro planeta o luna, podrían ser, naturalmente, rastros directos de la existencia de vida fuera de nuestro planeta. Descubrir que no estamos solos y que los extraterrestres comparten con nosotros el Universo en tiempo presente no es, para muchos astrobiólogos, muy diferente de decir que hace muchos años en otro u otros cuerpos del sistema solar, o más allá, existieron seres vivos. La pregunta por la vida extraterrestre trasciende el presente de nuestra especie. Basta que haya existido en algún momento, para dejar muy contentos a los exobiólogos. Puede que estemos solos ahora, pero en un pasado remoto nuestros antepasados terrícolas pudieron compartir el sistema solar con otras formas de vida exógenas.

Encontrar fósiles es, sin embargo, una tarea bastante ardua. En primer lugar, se debe contar con material de "primera mano", naturalmente proveniente del cuerpo astronómico en cuestión. Para obtener el material se pueden dar tres escenarios: 1) El material podría venir a nosotros en la forma de meteoritos. Cuando un cuerpo o planeta del sistema solar es golpeado con suficiente violencia por otro cuerpo, una enorme masa en la forma de detritos es proyectada hacia afuera. Con la velocidad suficiente, algunos de estos pedazos escaparían de la atracción del cuerpo progenitor y podrían pasar a vagar en órbita alrededor del Sol antes de chocar contra otro planeta como la Tierra. Éste es el caso de muchos meteoritos de Marte que han sido descubiertos en la Antártida. 2) Misiones no tripuladas pero muy sofisticadas podrían llevar máquinas para recoger muestras y traerlas de regreso a la Tierra. 3) Hombres y mujeres entrenados podrían viajar hasta los planetas y excavar el suelo de forma inteligente y predecible, para buscar las mejores muestras que pudieran conservar fósiles minúsculos y, por qué no, otros realmente grandes.

La primera posibilidad parecería la más sencilla: no hay que moverse mucho del asiento para conseguir un meteorito de Marte y buscar en él los fósiles de E.T. El problema es que estos meteoritos son realmente escasos y las piezas que aterrizan por azar en la Tierra no provienen de sitios especialmente seleccionados que puedan haber resultado en el pasado propicios para la vida. Otro problema importante es que tan sólo de dos cuerpos nos han llegado meteoritos en número suficiente: la Luna y Marte. La Luna, por su cercanía, y Marte, no sólo porque está muy cerca de la Tierra sino porque se encuentra en una órbita exterior respecto al Sol (ver la figura 2). De Venus es difícil recibir un meteorito por encontrarse más cerca del Sol. Allí la atracción gravitacional de nuestra estrella impediría seguramente que un trozo de roca despedido en un impacto "escalara" el camino suficiente hasta alcanzarnos. De los demás cuerpos que podrían ofrecernos un rastro como este en el sistema solar, ni hablar.

Tal vez la mejor opción, si de buscar fósiles se trata, sea esperar hasta que un número mayor de misiones –y más avanzadas– puedan escarbar directamente los cuerpos de interés y permitirnos realizar así una verdadera labor paleontológica extraterrestre.

Organismos vivos. Si encontrar fósiles de organismos extraterrestres empieza a parecerse una tarea muy compleja, el siguiente biorrastreo es extremo. Si pudiéramos "pescar" un organismo viviente en acción, e incluso el cadáver recién fallecido de un extraterrestre (no importa que sea microbiano), las posibilidades de confirmar y construirse una idea completa de una forma de vida distinta a la nuestra estarían servidas sobre "bandeja de plata".

Pero el problema, más allá de lo improbable que nos parezca esta posibilidad, podría ser, además, más complicado todavía: ¿podríamos reconocer a E.T. si lo tuviéramos en frente? ¿Qué "forma" o "formas" adoptaría? ¿Cuáles serían sus gustos alimenticios en caso de desear tenderle una trampa? ¿Cómo podríamos cuidar de él si desconocemos de raíz su biología y comportamiento? (ver la figura 3).

Figura 2. Un ejemplo de meteorito de Marte



Este meteorito hallado en Alejandría, Egipto, en 1911, se encuentra actualmente en la colección mineralógica de la Universidad de Hamburgo. Fuente: http://www1.uni-hamburg.de/mpi/museum/en/meteorite/meteorite_en.html

Se han empleado grandes radio-telescopios con el fin de buscar señales de radio producidas por otras civilizaciones

Figura 3. Formas



El problema de la “apariencia de E.T.” es quizás uno de los más curiosos (ver la figura 4). Tal vez todos imaginemos que si nos acercáramos a la orilla de un lago de metano en Titán, un pequeño anfibio extraterrestre pueda dar un salto y sumergirse en el metano líquido. O quizás imaginemos que si descubriéramos un animal acuático en las oscuras aguas debajo de la corteza de Europa, su figura hidrodinámica nos recordaría a los delfines y sus mecanismos de propulsión, tal vez las aletas de los peces y, en el caso más extraño, los brazos múltiples de un pulpo.

Pero la verdad, la dura verdad, es que esas formas que nos parecen familiares y naturales han surgido también de la intervención del azar y se han modificado en un proceso evolutivo influenciado por cambios

a veces fortuitos en las condiciones medioambientales y a lo largo, a veces, de millones de años. Esperar que los organismos que encontremos en otros lugares del Universo sean parecidos a nuestras plantas y animales (¡incluyéndonos!) es tan absurdo como esperar que al lanzar un millón de piedras al azar formando un montículo ellas se configuren de la misma manera al crear un segundo montículo con igual número de piedras. Basta con que pensemos que incluso en la Tierra algunos organismos parecen visitantes alienígenas, por sus formas increíbles (piense solamente en lo extraña que puede parecerle una gallina a un ser de otro mundo). Es cierto que la forma corporal de muchos organismos vivos obedece a principios físicos comunes a todo el Universo. Por ejemplo, la forma aerodinámica del cuerpo de las aves podría repetirse en extraterrestres voladores. Pero no sabemos si, por ejemplo, soluciones más eficientes que las que vemos en la Tierra podrían haber sido “descubiertas naturalmente” en otros lugares.

Debe tenerse también presente que, si se buscan organismos vivos como rastros definitivos de la existencia de extraterrestres, existe una gran probabilidad de que sean microscópicos o, a lo

Figura 4. Cartoon



Tal vez el humor nos ayude a conjurar nuestros más arraigados prejuicios sobre la apariencia de E.T. Tomado de: www.anomalia.org/perspectivas/cl/iq.htm.



¿Podremos reconocer a E.T. cuando lo encontremos? La literatura, el cine y ciertas corrientes pseudocientíficas esperan encontrarse con una apariencia que, aunque curiosa, parece bastante familiar para nuestros estándares [las tres figuras de arriba]. Pero E.T. podría sorprendernos con formas muy difíciles de reconocer, como las mostradas aquí.

sumo, formen comunidades macroscópicas sin forma reconocible. La vida en la Tierra, que cumple hoy cerca de 3.800 millones de años de edad, pasó más del 75% de su existencia en forma microscópica. Sólo un milagro, todavía no comprendido completamente, que ocurrió hace cerca de 500 millones de años, produjo la “explosión” en tamaño que condujo a los organismos macroscópicos que vemos hoy [4]. Preparémonos entonces, porque tal vez E.T. sea un microbio.

Señales de E.T. Los dos biorrastros inmediatamente anteriores (los fósiles y los organismos) exigirán a la policía astrobiológica una labor de campo bastante complicada. ¿Habrà otra manera de saber de su existencia sin movernos de nuestra cómoda posición en el planeta? En realidad, la detección de rastros químicos, por lo menos aquellos presentes en las atmósferas de planetas lejanos, puede hacerse sin siquiera “despeinarse”. Pero existen otras dos maneras como podríamos saber de la existencia de E.T. sin “movernos de un escritorio”.

La primera sería recibir una señal de radio de una civilización extraterrestre. La segunda sería recibir a los extraterrestres mismos como visitantes. En ambas situaciones, el caso de la existencia de vida extraterrestre sería cerrado definitivamente pero con una ventaja adicional. Si tuviéramos una vía de comunicación directa con una civilización tecnológica y científicamente desarrollada, se ahorraría mucho trabajo de investigación exobiológica: ella traería los libros de su biología debajo del brazo. Adicionalmente, una comunicación directa nos permitiría un intercambio único de conocimientos sobre otros asuntos científicos.

¿Parecen extrañas las anteriores reflexiones? ¿Quizá muy lejanas de un esfuerzo científico real? Tal vez. Sin embargo, la idea de comunicarnos con E.T. ha estado en la mente de científicos muy respetados durante los últimos 50 años y ha generado algunos de los proyectos de exploración del cielo de mayor envergadura a partir de la última mitad del siglo xx. En su mayoría, las iniciativas desarrolladas para escuchar posibles señales de radio producidas por civilizaciones extraterrestres han hecho parte de un proyecto que se conoce conjuntamente como SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence) [5]. En el marco de los proyectos SETI, algunos de los radiotelescopios más grandes del mundo han sido utilizados para escanear el cielo casi en su totalidad, buscando la llamada de E.T. (ver la figura 5).

Figura 5. Radiotelescopio Big ear



El radiotelescopio de Big Ear de la Universidad de Ohio, construido originalmente en el marco del proyecto SETI de la misma Universidad. Tomado de: <http://www.naapo.org/NAAPO-BigEar.jpg>

La idea detrás de SETI es relativamente sencilla. Los extraterrestres que alcanzaran un estado científico y tecnológico apropiado descubrirían tarde o temprano las ondas electromagnéticas y su capacidad para comunicar información a través de grandes distancias. Finalmente, llegarían a una conclusión parecida a la que llegaron Phillip Morrison y Guiseppe Cocconi de la Universidad de Cornell en 1959, pioneros de esta idea [6]: si podemos comunicarnos a distancias planetarias, e interplanetarias, ¿por qué no intentar hacerlo a distancias interestelares con hipotéticos oyentes alienígenas? Una señal de radio de suficiente intensidad puede desplazarse decenas, cientos, de años luz, manteniendo una intensidad suficiente para que antenas increíblemente sensibles del otro lado pudieran recibir la señal. El llamado, entonces, que sentirían ellos como nosotros, sería intentar producir algunas señales

poderosas enviadas a regiones del cielo donde sospechamos que puedan existir receptores extraterrestres, y al mismo tiempo, empezar a buscar señales de comunicación extraterrestre por todo el cielo.

Varios retos increíblemente complejos enfrenta esta aparentemente sencilla iniciativa. En primer lugar, las distancias que nos separan de E.T. son más que enormes. El sistema solar, que con su extensión de cerca de más de una decena de miles de millones de kilómetros (algo más de 10 horas luz) parece pequeño comparativamente, está descartado de la lista de búsqueda de señales inteligentes,

Existe una banda cercana a los 1.500 megahertz donde las emisiones naturales de la galaxia y la absorción de los gases de nuestra propia atmósfera son mínimas, así se evita que se confundan algunas señales con las propias de nuestra civilización.

porque su exploración ha permitido demostrar la inexistencia de seres inteligentes en los planetas y lunas del sistema [7]. El lugar de residencia de E.T. podría estar a distancias mayores de 100 años luz; lo que implicaría que un saludo de parte y parte tomaría más de un par de siglos! En los peores casos (con distancias superiores a los 1.000 años luz), si se recibe una señal hoy en la Tierra, sería prácticamente imposible responderla. De hacerlo la civilización que la produjo (que recibiría la respuesta más

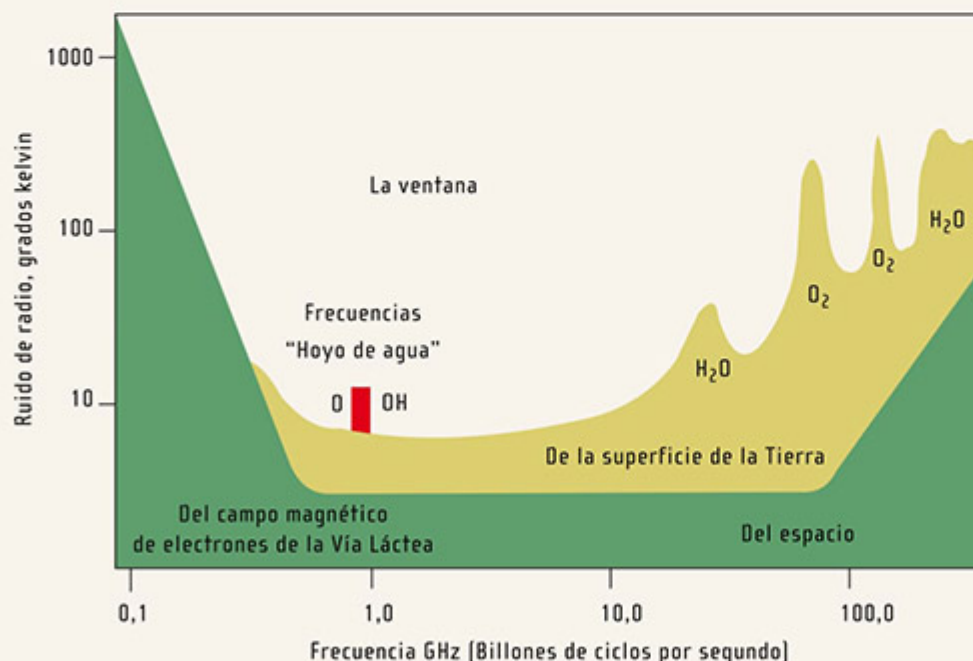
de dos milenios después) podría haber perdido el interés por completo o haber desaparecido para cuando reciba de vuelta nuestra respuesta.

Un segundo reto tiene que ver con la identificación de la señal. ¿Podríamos reconocer una señal de E.T., distinguirla de otras señales naturales o entre el ruido radial producido por nuestra galaxia, el Sol y otras poderosas fuentes de radio astrofísicas? ¿Podríamos distinguirla de señales producidas por nosotros mismos? SETI lleva más de 30 años resolviendo estas preguntas.

La primera idea es que para encontrar la señal sería necesario sintonizar nuestras antenas en una banda del espectro electromagnético relativamente limpia de señales naturales. Existe una banda cercana a los 1.500 megahertz que sirve para estos propósitos. Es conocida como el "agujero del agua" y se ubica en una zona del espectro radioeléctrico en la que las emisiones naturales en la galaxia y la absorción de los gases de nuestra propia atmósfera son mínimas (ver la figura 6). Esperamos que cualquier civilización científicamente avanzada la reconozca y utilice para poner allí sus señales. En segundo lugar, una vez sintonizados en el canal limpio, debemos recoger señales de las más diversas fuentes y en frecuencias específicas que cubran exhaustivamente la banda en cuestión. ¿Hacia dónde apuntar las antenas? Las candidatas más seguras serían estrellas como el Sol o parecidas, de las que sabemos que se pueden dar allí las condiciones para que vida con una bioquímica parecida a la nuestra surja y evolucione hasta un estado avanzado de desarrollo.

Pero una vez tengamos una multitud enorme de señales debajo del brazo ¿cómo distinguimos los verdaderos llamados de E.T.? Es de esperarse que quien intente comunicarse con nosotros lo hará produciendo una señal de características únicas y difícilmente reproducibles de forma natural. No basta con producir pulsos repetidos regular o irregularmente en el tiempo. Algunos objetos astrofísicos lo hacen de manera tan perfecta que parecen artificiales (los púlsares son uno de los más reconocidos casos [8]). Para no confundir las señales de E.T. con nuestras propias señales, es necesario que cualquier

Figura 5. Radiotelescopio Big ear



El diagrama muestra el nivel de ruido radioeléctrico en distintas frecuencias y sus fuentes. La estrecha banda marcada con un recuadro rojo es el "agujero del agua", en la que esperamos E.T. envíe sus señales por el espacio interestelar. Tomado de: <http://www.howstuffworks.com/seti1.htm>.

mensaje candidato sea cotejado con todas las posibles fuentes artificiales que orbitan el planeta y que pueden producir señales muy parecidas a las que producirían los alienígenas (satélites de comunicaciones, satélites espías y de fotografía de la Tierra, entre otros). Otro criterio para determinar si una señal proviene de una estrella lejana o no, es notar cómo la fuente de la señal se mueve de oriente a occidente, como lo hacen todas las estrellas en el cielo, y al mismo ritmo que ellas. El “movimiento diario” de una fuente extraterrestre de radio nos indicaría que la fuente está lejos de la Tierra.

Nadie dijo que fuera fácil recibir una llamada de E.T., pero tampoco que fuera imposible.

Encuentros cercanos. El último tipo de biorrastros que podríamos recoger sería el contacto directo con visitantes extraterrestres (que de rastro no tendría nada; ésta sería la prueba reina de la existencia de vida extraterrestre). Me imagino que algunos habrán pensado, traicionados por la cultura popular, en que la única forma de encuentro posible es aquella de reunirse con seres de cuerpo alargado que descienden de una nave. Pero no hay que ir tan lejos (aunque esta última posibilidad tampoco debe descartarse). E.T. podría visitarnos en la forma de vida microbiana que, de tener una bioquímica similar a la nuestra, podría, por ejemplo, producir enfermedades desconocidas. Una epidemia extraterrestre, que parece una excelente idea para una novela de ciencia ficción, no es descartable completamente [9], y sería una manera extrema de conocernos con E.T. Tal vez ya lo conocimos en el pasado y pasamos por desapercibido su origen.

Pero los organismos extraterrestres podrían cohabitar también de forma pacífica nuestro planeta. No una civilización reptiliana disfrazada de seres humanos, como lo sueñan algunos autores de literatura y el cine de ficción, sino, de nuevo, microorganismos con una bioquímica muy distinta a la nuestra y que podrían haber llegado de otros lugares en impactos de cometas y meteoritos [10]. ¿Podríamos distinguirlos? De forma inmediata, no. En primer lugar, de tratarse de vida microbiana, nos enfrentaríamos al problema de que esta porción invisible de la vida en nuestro planeta, la vida microscópica, es todavía un “océano ignoto”. La mayor parte de los organismos vivos de escala microscópica esperan todavía ser clasificados, y su número y diversidad podrían superar con creces todas las expectativas (la biomasa microscópica podría superar en peso la de todos los animales juntos). De otra parte, todos los medios de los que se dispone para estudiar la conexión de microbios con otras formas de vida en el planeta están especialmente preparados y diseñados para la bioquímica de la vida en la Tierra, de modo que nuestro E.T. microscópico podría pasar totalmente desapercibido. Finalmente, algunos microorganismos extraterrestres podrían haber colonizado los ambientes más extremos de nuestro planeta, calderas volcánicas a miles de metros debajo de la superficie del océano, el profundo interior de la corteza, los hielos polares, entre otros. En realidad, esto podría convertirse en una ventaja, en cuanto a que al menos tendríamos una idea muy precisa de adónde ir a buscarlos.

Pero, hablando seriamente, ¿podríamos encontrarnos con una civilización extraterrestre en nuestro planeta, una lo suficientemente avanzada como para cubrir las enormes distancias que nos separan de otras estrellas? Naturalmente, ésta es una fabulosa posibilidad que, de volverse realidad, y como lo señalamos antes, podría ahorrarnos siglos de investigación exobiológica. Un “encuentro cercano del tercer tipo”, como se llamaría a un evento de esta naturaleza, ha sido larga y ansiosamente esperado desde hace varias décadas. De producirse, esperamos que E.T. sepa dirigir su atención a quienes podrían convertirse en interlocutores apropiados, esto es, científicos, académicos o dirigentes políticos. Esperamos que, de pretender un intercambio con nuestra civilización, lo hagan de forma que podamos reconocerlos, y no en forma secreta o “descuidada”.

La búsqueda comienza

Una vez reconocidos los rastros de E.T., todo lo que nos queda por hacer es encontrar a uno cualquiera de ellos. Pero el reto es más fácil de enunciar que de volver realidad lo que se propone. En el próximo artículo presentaremos los resultados que han producido 50 años de búsqueda científica de E.T. ¿Cuál es la conclusión? ¿Hemos encontrado al fin a E.T. (no importa que sea un microbio)?

Notas

[1] Leslie Mulien, "Defining Life", en *Astrobiology Magazine*, 2002. [URL: <http://www.astrobio.net/news/article226>]

[2] Claus Emmeche, "Defining Life, Explaining Emergence", 1997. [URL:<http://www.nbi.dk/~emmeche/cePubl/g7e.defLife.v3f.html>]

[3] Una mezcla de hidrocarburos y amoníaco podría tener temperaturas de ebullición lo suficientemente elevadas como para permitir una bioquímica convencional más activa.

[4] Nos referimos en este caso a la que se conoce como la "explosión cámbrica", que se produjo hace cerca de 530 millones de años. Para un artículo sobre el tema, ver "The Cambrian Explosion", [<http://www.peripatus.gen.nz/paleontology/CamExp.html>] (2006)

[5] The SETI Institute, [URL: <http://www.seti.org>]

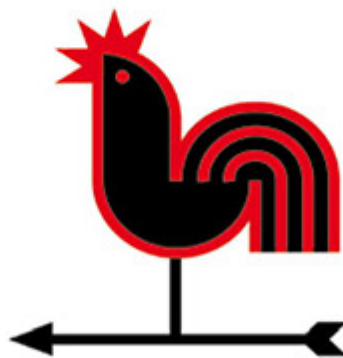
[6] Phillip Morrison, "My 40 years of SETI", [URL: <http://seticlassic.ssl.berkeley.edu/morrison/index.html>]

[7] Algunos representantes de lo que llamaré aquí la "ufopía" (en lugar de "ufología", que da la impresión de ser un estudio serio de algo real, pero que no es más que una mezcla de recopilación de anécdotas y especulaciones a menudo salvajes sobre la visita de seres de otros mundos) señalan haber visitado cuerpos del sistema solar donde existen grandes colonias de seres tecnológicamente desarrollados. Un ejemplo de este tipo de literatura es el libro de Yosip Ibrahim *Yo visité a Ganímedes*, de 1974, publicado 20 años antes de que las observaciones de la sonda Galileo condujeran al descubrimiento de un océano líquido debajo de la corteza de la luna Europa, vecina de Ganímedes. Tal vez el autor debió esperar unos años para escribir una historia más creíble, *Yo visité a Europa*.

[8] La señal que condujo en 1967 a Jocelyn Bell al descubrimiento de los púlsares, estrellas de neutrones que rotan muy rápidamente y producen una emisión colimada y pulsante (desde el punto de vista del observador en la Tierra), en su momento fue considerada, por su increíble regularidad, una posible señal de una civilización extraterrestre. La señal incluso recibió el apodo de "little green men". Poco después, esta hipótesis fue descartada, y la señal fue explicada en términos astrofísicos. El descubrimiento condujo al Premio Nobel de Física otorgado a Antony Hewish, profesor de Bell.

[9] S. de Leon y A. Lazcano, "Panspermia –true or false", en *The Lancet*, Vol. 362, 9381 (2003).

[10] Paul Davies, "Are Aliens Among Us?", *Scientific American*, diciembre de 2007.



EL MUNDO EN BOGOTÁ
www.hjck.com

Desde 1950 una emisora para la inmensa minoría



química

Potencial oleoquímico del aceite de palma y de palmiste

Paulo César Narváez Rincón,
Juan Guillermo Cadavid Estrada
Departamento de Ingeniería Química y Ambiental,
Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá
pcnarvaezr@unal.edu.co

Introducción

La posibilidad de una escasez mundial de petróleo ha sido, desde los comienzos de la explotación comercial de este recurso natural, una preocupación constante para la humanidad. Las respuestas a los interrogantes ¿cuánto petróleo hay? y ¿cuándo se acabará? (Brandt, 2007) siguen, aún hoy en día, siendo motivo de controversias y especulaciones, con marcados efectos económicos y sociales. Ante esta posibilidad, y en la búsqueda de asegurar el suministro y la independencia energética, y presionados por el marcado deterioro del medio ambiente, los gobiernos de diferentes países impulsaron el desarrollo de fuentes alternativas de energía. Entre ellas, la mezcla de combustibles producidos a partir de biomasa con gasolina y diésel, es una realidad mundial, aún en medio del debate entre quienes creen en sus beneficios ambientales y sociales y quienes piensan que son más los aspectos negativos, y que con ellos sólo se busca prolongar el uso de los combustibles derivados del petróleo.

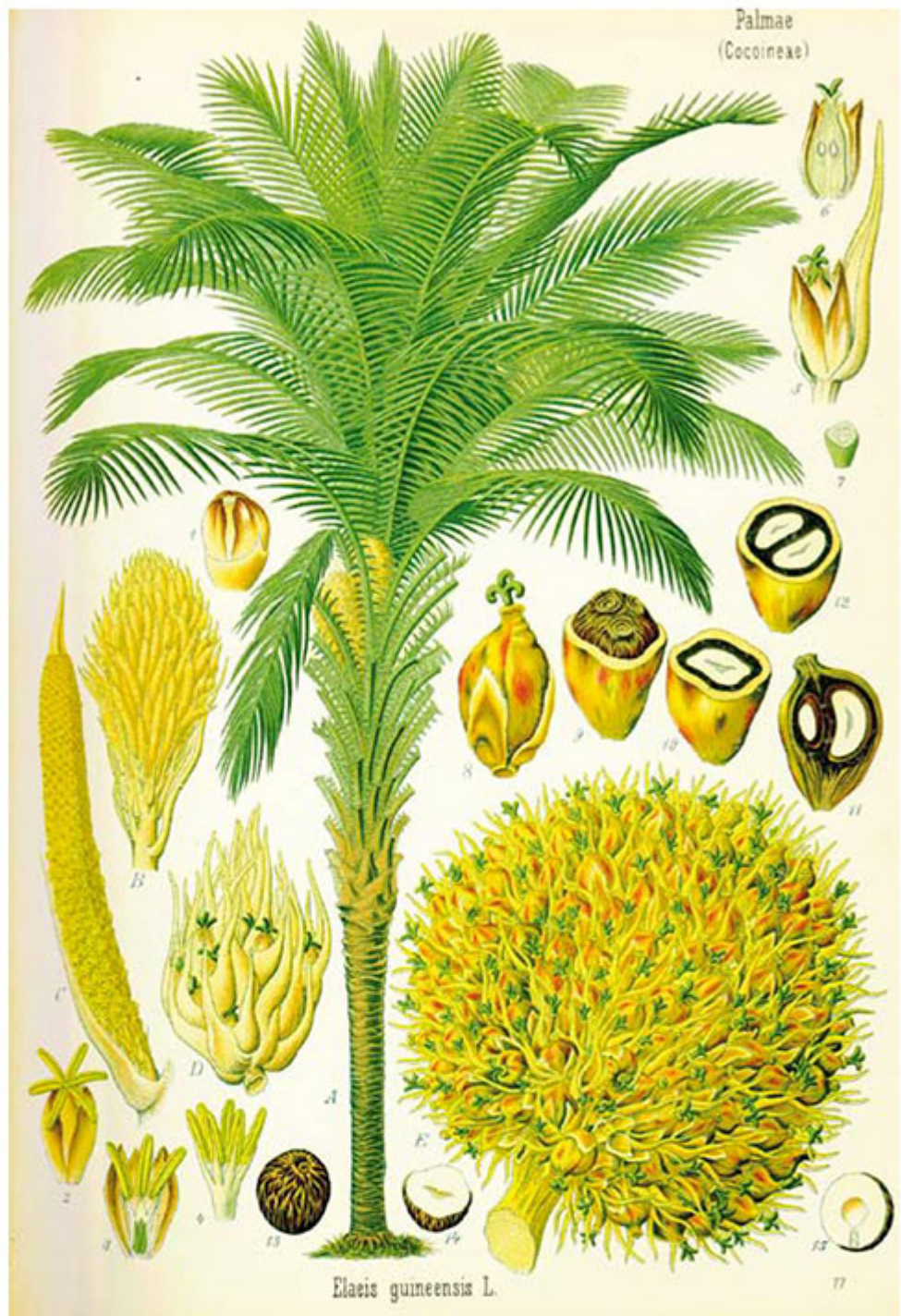
Entre los combustibles derivados de la biomasa, el biodiésel es un sustituto parcial del diésel que se obtiene por la transformación química de los compuestos grasos, en especial de los aceites vegetales. A pesar del impacto publicitario, el uso industrial de los compuestos grasos y sus derivados era una realidad mucho antes de que apreciaran los biocombustibles. Antes de la era petroquímica, los compuestos grasos de origen vegetal o animal se usaban ampliamente como combustibles para lámparas y lubricantes (Gunstone, 2001). Incluso, en 1900, la demostración del motor diésel se hizo usando aceite vegetal como combustible (Knothe y Dunn, 2001).

La oleoquímica es análoga a la petroquímica pero, a diferencia de ésta, emplea como materia prima los compuestos grasos, en lugar de petróleo. Por vía oleoquímica se producen derivados con usos y aplicaciones tan diversas, como los que se obtienen petroquímicamente. A través de la historia, el precio del petróleo ha sido menor que el de los aceites y grasas, y por ello, desde el punto de vista económico, los derivados petroquímicos son más competitivos, aun cuando las propiedades funcionales sean similares. A pesar del precio actual del petróleo, el precio de los aceites sigue siendo casi el doble¹. En teoría, los derivados oleoquímicos son más amigables con el medio ambiente que los petroquímicos, por provenir de un recurso natural renovable. Sin embargo, esta ventaja ambiental no es inherente, ya que depende de la forma en que se haga el cultivo. El uso indiscriminado de fertilizantes y pesticidas, los monocultivos y los factores sociales asociados a la tenencia de la tierra pueden tener un impacto negativo sobre el medio ambiente y la sociedad.

En este artículo se presentan los usos oleoquímicos del aceite de palma, por ser este aceite producido en Colombia, y por las proyecciones de incrementar el área sembrada con palma africana, en virtud

el biodiésel es un sustituto parcial del diésel que se obtiene por la transformación química de los compuestos grasos

1. US\$100 por barril de petróleo equivalen aproximadamente a US\$600 por tonelada.



de la entrada en vigencia de las leyes y decretos reglamentarios que obligan el uso de mezclas de diésel y biodiésel en algunas regiones del país. El objetivo es presentar un panorama más amplio del uso industrial del aceite de palma, en donde el biodiésel es uno de los productos de menor valor agregado.

Aceite de palma

El aceite de palma se extrae del mesocarpio del fruto de la palma de aceite africana, *Elaeis guineensis*, originaria del este de África y que se ha extendido en la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales. El fruto crece en racimos y consiste en una pulpa externa y un cuesco interno que contiene entre dos y tres almendras, que son la fuente del aceite de palmiste (O'Brien, 2004). Los aceites de palma y de palmiste,

como los demás compuestos grasos, son mezclas de ésteres de la glicerina, conocidos como triglicéridos. La tabla 1 muestra la composición de estos aceites, expresada en porcentaje en peso de ácidos grasos, y la de otros dos compuestos grasos de uso común en las industrias de alimentos y química.

A pesar de la procedencia, los aceites de palma y de palmiste tienen una composición muy diferente; mientras que los radicales más abundantes en el aceite de palma son los provenientes de los ácidos palmítico (C16:0) y oleico (C18:1), en el de palmiste son los derivados del láurico (C12:0) y del mirístico (C14:0). En el aceite de palma, entre el 4 y el 10% de los triglicéridos tienen los tres radicales saturados, entre el 41 y el 59% tienen dos radicales saturados y uno insaturado, entre el 32 y el 54% tienen dos radicales insaturados y uno saturado, y entre el 3 y el 12% son tri-insaturados (O'Brien, 2004).

Los constituyentes menores son carotenos, principalmente α -caroteno, que le confieren el típico color entre rojo y naranja del aceite crudo, y antioxidantes naturales, como tocotrienoles y tocoferoles. Dos características lo hacen único entre los compuestos grasos de fuentes vegetales: el alto contenido de radicales provenientes del ácido palmítico y la proporción casi equivalente de radicales saturados e insaturados, tal que su intervalo de fusión está entre 9 y 46 °C (Narváez *et al.*, 2008).

La producción mundial de compuestos grasos de origen animal y vegetal en la temporada 2006-2007 fue alrededor de 152 millones de toneladas², de las cuales el 28% son de aceite de palma, 39 millones³, y el 24%, de aceite de soya, 37.6 millones³, siendo éstos los de mayor producción y consumo, seguidos de lejos por los aceites de colza, girasol, y por el sebo y demás grasas animales, con el 12%, 7% y 6% de la producción, respectivamente⁴. Cerca del 85% de la producción mundial se emplea para el consumo humano y animal, mientras que el 15% restante se destina a usos no alimenticios (Hama y Ohbu, 2002). Con respecto a los precios de los compuestos grasos, se incrementaron ampliamente en los últimos años. Por ejemplo, el precio de la tonelada del aceite de soya FOB Róterdam pasó de US\$537 en enero de 2006 a US\$699 en diciembre del mismo año y a US\$959 en septiembre de 2007. Para el aceite de palma, el precio de la tonelada FOB Malasia fue US\$379, US\$559 y US\$798, respectivamente⁵. Los precios en febrero de 2008 sobrepasaron los US\$1.000 por tonelada, y según la página electrónica de Fedepalma, la tonelada de aceite de palma FOB Argentina tiene un precio de US\$1.398⁶. Las razones principales de este incremento son el pobre desempeño de los principales cultivos de donde se extraen los aceites y la disminución en la oferta, y el crecimiento continuo en la demanda de aceites para consumo humano y, especialmente, por el uso de éstos como materia prima para la producción de biodiésel⁷.

Tabla 1. Composición de algunos aceites, expresada en porcentaje en peso de ácidos grasos*

| | Palma | Sebo | Palmiste | Coco |
|-------|-------|-------|----------|-------|
| C6:0* | | | | 0-0.8 |
| C8:0 | | | 2-5 | 5-10 |
| C10:0 | | | 3-7 | 4-10 |
| C12:0 | | | 46-52 | 44-52 |
| C14:0 | | 3-4 | 14-17 | 13-19 |
| C16:0 | 45-48 | 26-28 | 6-9 | 7-10 |
| C16:1 | | 3-5 | | |
| C18:0 | 4-5 | 18-26 | 1-3 | 1-3 |
| C18:1 | 38-41 | 35-42 | 10-18 | 5-8 |
| C18:2 | 8-10 | <4 | <2 | 1-2 |

* Oilseds: World Market Trade, United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Services, FOP 10-07, October, 2007.

Fuente: Hama y Ohbu, 2002.

- Dato tomado de www.fao.org, Food Outlook, Global Market Analysis: Oilseeds, Oils and Oilmeals, consultada el 22 de febrero de 2008.
- Datos tomados de Oilseds: World Market Trade, United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Services, FOP 10-07, October, 2007.
- Datos calculados y análisis hecho a partir de los datos reportados en www.fedepalma.org, Estructura del mercado mundial de aceites y grasas, consultada el 22 de febrero de 2008.
- Datos tomados de Oilseds: World Market Trade, United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Services, FOP 10-07, October, 2007.
- Dato tomado de www.fedepalma.org, consultada el 22 de febrero de 2008.
- www.fao.org, Food Outlook, Global Market Analysis: Oilseeds, Oils and Oilmeals, consultada el 22 de febrero de 2008.

Tabla 2. Producción mundial de aceite de palma, en miles de toneladas*

| País | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 [octubre] |
|-----------|--------|--------|--------|----------------|
| Indonesia | 14.000 | 15.400 | 15.900 | 17.100 |
| Malasia | 15.194 | 15.485 | 15.350 | 16.600 |
| Tailandia | 700 | 755 | 850 | 950 |
| Colombia | 647 | 690 | 770 | 830 |
| Nigeria | 790 | 800 | 810 | 820 |
| Otros | 2.544 | 2.681 | 2.697 | 2.687 |
| Total | 33.875 | 35.811 | 36.377 | 38.997 |

* Oilseds: World Market Trade, United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Services, FOP 10-07, October, 2007.

La tabla 2 muestra los principales productores mundiales de aceite de palma. Colombia es el cuarto, aunque el aporte es tan sólo del 2,1%.

El área sembrada de palma de aceite en Colombia es cercana a las 340.000 hectáreas, pero con base en la política del gobierno nacional que hace obligatoria la mezcla de diésel con biodiésel, y con base también en el crecimiento de la producción mundial de aceite de palma, el sector palmero nacional proyecta una producción anual de 3,5 millones de toneladas y un área sembrada de 743.000 hectáreas (Fedepalma, 2000). El gobierno nacional, por medio del Decreto 2629 de 2007 del Ministerio de Minas y Energía, estableció que a partir del 1 de enero de 2012, los vehículos nuevos tendrán que estar acondicionados para usar una mezcla de 20% de biodiésel y 80% de diésel de origen fósil.

Procesamiento del aceite de palma

Extracción

Al igual que con otros aceites de origen vegetal, el procesamiento del aceite de palma se efectúa mediante una serie de operaciones mecánicas y físicas. Después de la recolección, los frutos de los que se extrae el aceite contienen materiales extraños (principalmente, residuos sólidos) que deben ser eliminados. La primera etapa del proceso está encaminada a la eliminación de estos “contaminantes” y a la obtención de un producto apto para la extracción. A esta primera etapa se la conoce como adecuación, y en el caso de la palma de aceite, debe tener en cuenta las siguientes consideraciones adicionales:

- Como ya se ha dicho, de la palma de aceite se obtienen dos productos con una composición de ácidos grasos totalmente diferente. Del mesocarpio se obtiene el aceite de palma, mientras que de la almendra se obtiene el aceite de palmiste. Lo anterior implica que se debe garantizar una óptima separación de estas dos partes del fruto para un mejor aprovechamiento.

- Los frutos de la palma de aceite, independientemente de su origen, contienen humedad y enzimas lipofílicas. La presencia simultánea de estos dos contaminantes reduce el contenido de aceite, genera ácidos grasos libres (AGL), disminuye el contenido de proteínas, incrementa el color y las pérdidas en la etapa de refinación (Basiron, 1996).

La etapa de adecuación incluye las siguientes operaciones: esterilización, desfrutado y digestión.

Los objetivos del proceso de esterilización son inactivar las lipasas, secar el punto de unión entre la fruta y el raquis (racimo sin frutos), para facilitar la separación en el desfrutado; ablandar el mesocarpio, para permitir el rompimiento de las células que contienen el aceite, durante la digestión y la extracción; coagular las proteínas y el material mucilaginoso, para evitar la formación de emulsiones (Daza y



Riveros, 2000). El proceso se realiza mediante calentamiento con vapor y no debe llevarse a cabo por un tiempo excesivo ni a muy altas temperaturas.

Después de la esterilización, se procede a separar los frutos, operación que se conoce como desfrutado. En los procesos a pequeña escala, se lleva a cabo en canecas giratorias, mientras que en los procesos a gran escala se utiliza generalmente el sistema de tambor rotatorio.

El último proceso de la etapa de adecuación es la digestión, en donde los frutos se vuelven a calentar para romper aún más las células que contienen el aceite y permitir la separación posterior del mesocarpio de la almendra. Este proceso se realiza con vapor de agua a una temperatura entre 95 y 100 °C durante 20 minutos (Basiron, 1996).

Una vez terminado el proceso de digestión, se pasa a la etapa de extracción, que puede hacerse mediante la aplicación de presión (prensado) o utilizando solventes (generalmente se trabaja con *n*-hexano)⁸. La extracción mediante prensado es más sencilla y se considera un proceso "orgánico"; requiere de inversiones iniciales más bajas y el aceite que se obtiene es de buena calidad; sin embargo, el rendimiento del proceso es menor que cuando se utilizan solventes.

En el prensado del aceite de palma se obtienen dos productos: 1) una mezcla de aceite, agua y sólidos, y 2) una torta que contiene fibras y semillas (Basiron, 1996). La mezcla de aceite, agua y sólidos pasa a un sistema de clarificación en el que inicialmente se separan los sólidos, y después, el aceite y el agua lo hacen por diferencia de densidades. De otro lado, la torta que contiene fibras y semillas entra a un sistema de ciclones en donde se separan las fibras, y posteriormente las semillas pasan a una descortezadora (equipo para romper las cortezas) y, finalmente, al proceso de extracción del aceite de palmiste.

El área sembrada de palma de aceite en Colombia es cercana a las 340.000 hectáreas

8. Debido a que el principal uso del aceite de palma es en alimentos, no se utiliza la extracción con solventes.

Refinación

El aceite de palma crudo contiene algunos constituyentes que son objetables para los usos finales; dentro de éstos se pueden mencionar: fibras, humedad, ácidos grasos libres, fosfolípidos, trazas de metales, cuerpos que producen color y productos de oxidación (generalmente asociados a la producción de olores objetables), entre otros (Basiron, 1996). Existen dos métodos para la refinación del aceite de palma: refinación física y refinación química, que se diferencian fundamentalmente en la forma en que remueven los ácidos grasos libres. De todas formas, con los dos procesos se obtiene aceite de palma refinado, blanqueado y desodorizado (RBD). En la actualidad, la mayor parte de las industrias utiliza la refinación física, debido a que implica menores costos, mayor eficiencia y un tratamiento más sencillo de los efluentes (Anderson, 1996). Debido a que el propósito de este trabajo no es describir de forma detallada todos los procesos involucrados en los dos métodos de refinación, la tabla 3 presenta un resumen de las diferentes operaciones que se realizan durante la refinación del aceite de palma, indicando las impurezas que se remueven y si el proceso corresponde al método de refinación física o química o si es común a los dos.

Procesos de transformación

La mayoría de aceites y grasas naturales, incluidos los aceites de palma y de palmiste, tienen aplicaciones limitadas en su forma original debido a su composición química. Con el fin de ampliar su uso, los aceites se someten a una serie de modificaciones. De éstas, las más utilizadas son: hidrogenación, interesterificación y fraccionamiento. La hidrogenación y la interesterificación están basadas en cambios químicos irreversibles de los materiales grasos; de otro lado, en la operación de fraccionamiento la composición se modifica mediante una separación física selectiva.

a. *Hidrogenación*. El proceso de hidrogenación se realiza para cumplir con alguno de los siguientes propósitos: 1) dar estabilidad al olor y sabor, así como prolongar la vida útil de productos insaturados y 2) cambiar las características funcionales de productos naturales a aquellas que se requieren para una aplicación específica (Anderson, 1996). Además de la adición de hidrógeno a los dobles enlaces de los triglicéridos, la reacción de hidrogenación promueve la isomerización de los compuestos *cis* a los *trans*⁹.

b. *Interesterificación*. Este proceso se utiliza para modificar las propiedades físicas de un aceite o una grasa mediante el reordenamiento de los radicales de ácidos grasos dentro o entre las moléculas de triglicéridos. Se aplica directamente al aceite RBD o a productos obtenidos del proceso de hidrogenación. El proceso puede utilizar catalizador químico o enzimático (Anderson, 1996). El resultado puede

Tabla 3. Principales procesos en los métodos de refinación

| Proceso | Impurezas que se remueven | Tipo de refinación |
|----------------|---|--------------------|
| Desgomado | Fosfolípidos, trazas de metales, pigmentos | Física y química |
| Neutralización | AGL, fosfolípidos, pigmentos, materiales insolubles | Química |
| Lavado | Jabones | Química |
| Secado | Agua | Física y química |
| Blanqueado | Pigmentos, productos de oxidación, trazas de metales, trazas de jabones | Física y química |
| Filtración | Tierras adsorbentes agotadas | Física y química |
| Desodorización | AGL, mono y diglicéridos, productos de oxidación, pigmentos | Física y química |
| Pulimento | Trazas de compuestos insolubles en el aceite | Física y química |

* Tomada parcialmente de Basiron, 1996.

9. Los isómeros *cis* y *trans* presentan diferente ubicación geométrica de los sustituyentes en los átomos de carbono. Este hecho hace que presenten diferentes propiedades, entre ellas, vale la pena mencionar que los isómeros *trans* son más estables, por lo que se han asociado con el colesterol que hace daño a la salud humana <http://palmoilis.mpob.gov.my>



ser una distribución aleatoria de los radicales de ácidos grasos, correspondiente a una ley de probabilidades, o una distribución direccionada; por ejemplo, mediante la segregación de los ésteres de alto peso molecular recién formados de la mezcla reaccionante. En el proceso de interesterificación se pueden presentar reacciones de transferencia de radicales de ácidos grasos dentro de un mismo triglicérido (intramoleculares), o de transferencia de radicales entre diferentes triacilglicérols (intermoleculares). Algunas condiciones favorecen el intercambio intramolecular, y otras, el intermolecular.

c. *Fraccionamiento*. Este proceso es totalmente reversible, y consiste en una separación termomecánica en la que una mezcla multicomponente produce dos o más fracciones con propiedades físicas y químicas diversas. La separación se basa en la diferencia de alguna propiedad entre los distintos compuestos, como solubilidad, volatilidad o solidificación, caso este último en el cual se habla de cristalización fraccional, y que es la operación más utilizada en la obtención de fracciones alimenticias de los aceites de palma y de palmiste. En este proceso se busca separar los triglicéridos con un mayor contenido de sustituyentes saturados, comúnmente denominados estearinas, de los que poseen sustituyentes no saturados, denominados oleinas. Comercialmente, existen dos métodos de cristalización fraccional: 1) Cristalización del compuesto graso bajo condiciones de enfriamiento estandarizadas y controladas, también conocida como proceso seco y 2) Cristalización del compuesto graso disuelto en un solvente orgánico, bajo condiciones de enfriamiento estandarizadas y controladas, denominada proceso húmedo (Anderson, 1996).

Los costos operativos de los tres procesos descritos presentan el siguiente orden: hidrogenación > interesterificación > cristalización; mientras que, en términos de inversión inicial, el proceso de interesterificación es el que presenta los menores costos¹⁰.

Usos alimenticios

En la actualidad, cerca del 90% del aceite de palma que se produce se utiliza con fines alimenticios, el restante 10% se destina a aplicaciones no alimenticias, principalmente en la fabricación de jabón y en la manufactura de oleoquímicos (Basiron, 1996). Las aplicaciones comestibles de los aceites de

10. <http://palmoilis.mpob.gov.my>



11. La palabra *shortenings* no tiene una traducción literal a nuestro idioma. En el contexto hace referencia a ciertas fracciones obtenidas de los procesos de cristalización que tienen una determinada composición y que se utilizan en diferentes aplicaciones.

12. Esta palabra tampoco tiene traducción al español. Hace referencia a ciertos productos alimenticios derivados de aceites vegetales (incluido el aceite de palma) comunes en países de Asia.

13. <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s00.htm>. Cap. 6. Selección de usos de las grasas y de los aceites en la alimentación

14. *Ibid.*

palma y de palmiste son: *shortenings*¹¹, margarinas, *vanaspati*¹², aceites para freír y de cocina y grasas especiales.

a. *Shortenings*. A diferencia de las margarinas, que son una emulsión de aceite en agua, los *shortenings* están compuestos de material graso en un 100%. Existen muchos tipos, y cada uno se puede elaborar para una aplicación en particular. Los obtenidos de los aceites de palma y de palmiste se utilizan en panadería y pastelería, heladería, galletería, sustitutos para la manteca de cacao, etcétera.

b. *Margarinas*. La margarina es una emulsión de aceite en agua, con algunos ingredientes menores como sal, colorantes, saborizantes, vitaminas A, D y E, lecitina y estabilizantes, entre otros¹³. Aunque el propósito inicial de las margarinas era sustituir la manteca, el desarrollo actual de la industria ha diversificado su mercado e incluye productos como margarinas de mesa (presentaciones en tubos y en bloques), margarinas para esparcir, margarinas bajas en calorías, productos específicos para cada tipo de clima, etcétera.

c. *Aceites para cocina y para freír*. El principal uso del aceite en la cocina es la fritura, donde funciona como medio transmisor de calor y aporta sabor y textura a los alimentos¹⁴. Uno de los requisitos del aceite de cocina es que sea estable en las condiciones verdaderamente extremas de fritura por inmersión, esto es, altas temperaturas y humedad. El aceite de palma y la oleína de palma son los compuestos más utilizados para freír alimentos debido a que no generan olores objetables, son resistentes a la oxidación (propiedad asociada a la presencia de tocoferoles), no polimerizan y poseen una composición de ácidos grasos nutricionalmente balanceada (Aimi *et al.*, 2000; Basiron, 1996).

Usos oleoquímicos

El punto de partida para la oleoquímica es la producción de los oleoquímicos básicos. Tradicionalmente, los ácidos grasos, los ésteres metílicos de compuestos grasos, la glicerina, los alcoholes grasos y las aminas grasas pertenecen a este grupo (Gunstone, 2001), aunque sólo los tres primeros se obtienen industrialmente, a partir de los compuestos grasos. Los alcoholes y las aminas se producen, en la prác-

tica, usando ácidos o ésteres metílicos como materia prima, aunque pueden obtenerse directamente de los compuestos grasos.

Entre estos, los ácidos son los de mayor producción y capacidad instalada, y se conocen como “la puerta de entrada a la oleoquímica” (Ahmad *et al.*, 2000). Sin embargo, los ésteres metílicos poco a poco empiezan a desplazarlos, porque en comparación con los ácidos, las condiciones de reacción para su producción son menos críticas, lo que reduce la inversión inicial y los costos de producción, los puntos de ebullición son menores, lo que facilita la separación de los componentes de una mezcla por destilación, y son menos corrosivos y, por lo tanto, los materiales de construcción son menos exigentes y más baratos (Ahmad *et al.*, 2000; Gervasio, 1996). A continuación se hace una breve descripción de los procesos de producción.

a. *Ácidos grasos.* Los ácidos grasos se producen por hidrólisis de los aceites y grasas. Los procesos industriales se realizan a alta temperatura y presión, con el objetivo de reducir la incompatibilidad del agua y del compuesto graso, acelerando así la velocidad de reacción. Estos procesos ocurren con o sin catalizador a temperaturas cercanas a los 250 °C y presiones de 4 MPa. También pueden producirse a bajas temperaturas empleando enzimas como catalizador.

Los ácidos grasos son materia prima para la producción de jabones metálicos, ésteres, alcoholes, nitrilos, amidas, resinas alquídicas, etc., con aplicaciones en las industrias de los recubrimientos, de los agentes de actividad superficial, alimentos, farmacéutica, cosmética, entre otras.

b. *Ésteres metílicos.* Los ésteres metílicos de compuestos grasos se producen por alcoholisis de los compuestos grasos, en una reacción catalizada generalmente por álcalis solubles en el alcohol, como los hidróxidos de sodio y potasio, aunque también pueden emplearse catalizadores alcalinos heterogéneos, enzimas, o producirse en condiciones supercríticas para el metanol sin catalizador. La temperatura es cercana a la de ebullición del metanol y la presión es la atmosférica.

Pueden emplearse como combustible, solvente y materia prima para la producción de oleoquímicos derivados, entre ellos, ácidos grasos, ésteres, alcoholes grasos, ésteres metílicos sulfonados, amidas grasas, etc. Tal vez el producto de mayor interés industrial inmediato son los ésteres metílicos α -sulfonados, que tienen características similares a los alquil bencen sulfonatos de sodio, componentes activos de los detergentes comerciales. Para obtenerlos, es necesario sulfonar los ésteres con anhídrido sulfúrico, y luego de un proceso de blanqueo, neutralizarlos con hidróxido de sodio.

c. *Glicerol.* El glicerol es un producto de la hidrólisis o de la alcoholisis de los compuestos grasos, así como de la saponificación de los mismos, reacción en la que se obtienen los jabones de sodio y potasio. Aproximadamente el 10% en peso de la molécula de un compuesto graso proviene hipotéticamente de este alcohol polihidroxílico. El glicerol es una materia prima fundamental en las industrias de alimentos, cosmética y farmacéutica, en donde se usa como endulzante, humectante y excipiente.

También es un intermedio químico fundamental en la producción de compuestos nitrogenados, ésteres surfactantes, resinas, poligliceroles, éteres, ácidos, y últimamente, por su disponibilidad, tiene usos energéticos.

d. *Alcoholes grasos.* Los alcoholes grasos se obtienen por reducción de ésteres metílicos y ácidos grasos, a altas temperaturas y presiones, en presencia de hidrógeno y de catalizadores. La reducción de los ésteres metílicos se lleva a cabo a 200 °C y presiones entre 25 y 30 MPa, con cromito de cobre o zinc como catalizador.

Los alcoholes tienen su principal aplicación en la producción de alcoholes etoxilados y alcoholes etoxilados sulfatados. Los alcoholes reaccionan con óxido de etileno generando una molécula con entre 2 y 4 grupos éter, y luego se sulfatan y neutralizan.

el sector palmero nacional proyecta una producción anual de 3,5 millones de toneladas y un área sembrada de 743.000 hectáreas

e. *Aminas grasas*. Las aminas grasas se producen a partir de nitrilos, y éstos, a su vez, son derivados de los ácidos grasos. Los nitrilos se reducen para formar aminas primarias o secundarias a temperaturas entre 120 y 180 °C y presiones entre 20 y 40 MPa, con catalizadores de níquel (Gunstone, 2001).

Tal vez la principal aplicación de las aminas es la producción de sales de amonio cuaternario, agentes de actividad catiónicos, que hacen parte de la mayoría de formulaciones de agentes de limpieza.

El número de oleoquímicos derivados es grande y sus aplicaciones diversas; en este artículo limitaremos su mención al mapa de oleoquímicos de la figura 1 (Jaimes y Sánchez, 2002), que ilustra claramente las inmensas posibilidades del aceite de palma como materia prima de la industria oleoquímica.

Bibliografía

Ahmad, S., Beng K. Y. y Yusof M. (2000), "Basic Oleochemicals", en *Advances in Palm Oil Research*, volumen 2, editado por Y. Basiron, B. S. Jalani y K. W. Chan, Malaysian Palm Oil Board, Malaysia ciudad???

Aimi, N., Suria, M. y Yusoff, A. (2000), "Food uses of Palm and Palm Kernel Oils", en *Advances in Oil Palm Research*, volumen II editado por Y. Basiron, y B. S. Jalani. Ciudad???

Anderson, D. (1996), *Palm Oil, in Bailey's Industrial Fats and Oils*, volumen 4, editado por Y. H. Hui, John Wiley & Sons, USA ciudad???

Basiron, Y. (1996), *Palm Oil, in Bailey's Industrial Fats and Oils*, volumen 2, editado por Y. H. Hui, John Wiley & Sons, USA.

Brandt, A. R. (2007), Testing Hubbert, *Energy Policy* 35, 2007: 3074-3088.

Daza, A. y Riveros, J. (2000), "Tratamiento del agua residual industrial de la empresa de extracción de aceite de palma 'Oleaginosas San Marcos'. Tesis de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia.

Fedepalma (2000). *Visión y estrategias de la palmicultura colombiana, 2000-2020*, Bogotá.

Gervasio, G. (1996), *Fatty Acids and Derivatives from Coconut Oil, in Bailey's Industrial Fats and Oils*, volumen 5 editado por Y. H. Hui, John Wiley & Sons, USA Ciudad???

Gunstone F. D. (2001), *Basic Oleochemicals, Oleochemicals Products and new Industrial Oils*, en *Oleochemical Manufacture and Applications*, editado por Frank D. Gunstone y Richard Hamilton, Sheffield Academic Press, England.

Hama, I. y Ohbu, K. (2002), *New Technology and Development on the Use of Palm Oil in Oleochemical Industries*, International Oil Palm Conference, Nusa Dua, Bali, julio 8-12.

Knothe, G. y Dunn, R. O. (2001), *Biofuels Derived from Vegetable Oils and Fats*, en *Oleochemical Manufacture and Applications*, editado por Frank D. Gunstone y Richard Hamilton, Sheffield Academic Press, England.

Jaimes, D. y Sánchez, C. (2002), "Prospectiva de la producción en Colombia de derivados de los aceites de palma y de palmaste", Proyecto de Grado Ingeniería Química, Universidad nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Kirschenbauer, A. G. (1964), *Grasas y aceites. Química y tecnología*, Compañía Editorial Continental, México D. F.

Chan, K. W, Malaysian Palm Oil Board, Malaysia.????????????????????

Narváez, P. C., Rincón, S. M., Castañeda, L. Z. y Sánchez, F. J. (2008), "Determination of some Physical and Transport Properties of Palm Oil and of its Methyl Esters", en *Latin American Applied Research*, 38, 1-6.

O' Brien, R. (2004), *Fats and Oils*, segunda edición, CRC Press LLC, USA.

Salud

Cirugía refractiva de la córnea

Manuel Alberto Gómez Buelvas
Oftalmólogo

La cirugía refractiva es una de las ramas de la oftalmología moderna que más se ha desarrollado, de la mano con los progresos en la tecnología láser, en la nanotecnología, en la óptica astronómica y óptica microscópica, aplicadas al ojo humano. Es de tal magnitud el cambio experimentado que en 20 años se ha pasado de la artesanía de la cuchilla de diamante a la exactitud del láser.

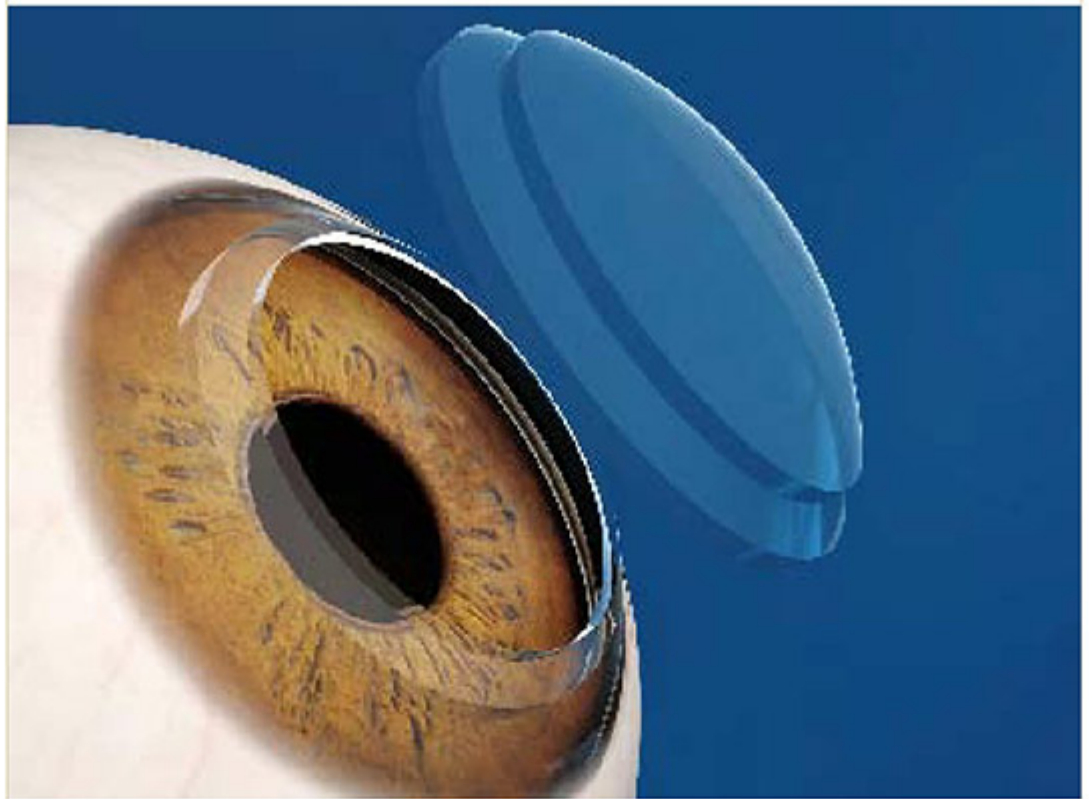
En nuestro país se han gestado muchas de las ideas y se han dado muchos de los primeros pasos que han permitido este desarrollo. Colombia es un país vanguardista en la investigación y evolución de esas nuevas tecnologías en oftalmología que están cambiando la vida de millones de personas en el mundo. Como muestra de ello, la última frontera o el Santo Grial de los oftalmólogos, el tratamiento de la *presbicia*, tiene dos propuestas de tratamiento diferentes creadas por parte de sendos grupos de investigadores colombianos, y ambas han generado su respectiva patente mundial. Destaco entre estas dos, la de los doctores Serrano y Tamayo, por su efectividad, estabilidad y reproducibilidad, y además, por ser en sí una gran idea que resuelve las dudas que han generado otras técnicas, como la del oftalmólogo mexicano Avalos. Esto es otra prueba de que nuestro país cuenta, en algunos sentidos, con una medicina del Primer Mundo, amenazada por los sistemas de salud gerenciada que no incentivan la asistencia a congresos ni la investigación y generación de ideas.

Historia, bases y evolución

Aunque en el siglo XIX unos oftalmólogos alemanes habían descubierto el efecto de los cortes o la aplicación de calor en la superficie corneana, la cirugía refractiva nació como arte en las manos de un genio español que en los años cincuenta se radicó en Bogotá y creó una escuela de oftalmología con prestigio internacional. El doctor José Ignacio Barraquer, reconocido mundialmente como el padre de la cirugía refractiva corneana, estableció con su "ley de los espesores" que la cirugía debía cambiar el espesor de la córnea, en un área determinada (ya sea en el centro o en la periferia), cambiando su curvatura, para enfocar los rayos de luz justo en la mácula, que es el área central de la retina, causante de la visión crítica o de discriminación. En sus inicios, el nivel de desarrollo tecnológico de la época fue la limitante para el desarrollo de esta importante rama de la oftalmología; sin embargo, la ley descrita en ese momento por él sigue siendo el sustento de la cirugía refractiva de la córnea.

La córnea es la porción más anterior del globo ocular; está constituida por fibras de colágeno, en una organización tan perfecta que en su estado natural de hidratación es una estructura transparente, que refracta (cambia la dirección) los rayos de luz que conforman el estímulo visual. La córnea mide en promedio 500 micras (medio milímetro) y en ese espesor consta, de adentro hacia afuera, de una bomba que mantiene el grado preciso de hidratación (el endotelio), una membrana cuticular muy delgada y resistente (la membrana de Descemet), un estroma que representa cerca del 90% del grosor, constituido por colágeno y células que lo regulan, y una "piel" compuesta de cinco capas de células que son reemplazadas cada cuarenta días por unas células madres que trabajan incansablemente en esta tarea. También debemos la regularidad y la calidad óptica de la superficie corneana a la película lagrimal que permanentemente la cubre y protege, y que a su vez es tan compleja que tiene tres capas, cada una con una función importante para su estabilidad. La córnea es la estructura más potente de todos los sistemas refractivos con que cuenta el ojo. Su poder en promedio es de **43 dioptrías** en el ojo normal, y ello se debe a su curvatura. Un lente con sus dos caras planas no tiene el poder de refractar los rayos que lo inciden; en cuanto estas caras se curvan, se les confiere poder: positivo o convergente si es biconvexo, y negativo o divergente si es bicóncavo.

En sus estudios, el profesor Barraquer hizo obvias dos cualidades de la córnea (la genialidad consiste en descubrir cosas, que luego de descubiertas nos parecen obvias): se trata del elemento óptico más *externo* (por lo tanto, el de más fácil acceso), además del más *poteroso* (al restarle poder, se pudieron tratar las miopías altas). De este análisis se gestó una de las cirugías más ingeniosas: la queratomileusis miópica extracorpórea. En esta cirugía, de nombre tan complicado, se levantaba la parte más anterior de la córnea en forma de casquete, se congelaba con nitrógeno líquido y así se le daba la



consistencia que permitía tallarla por su cara estromal con un microtorno con punta de diamante, que eliminaba 50 o más micras, lo que la aplanaba y le restaba poder. El casquete corneano con el lado epitelial (la "piel") intacto era suturado nuevamente en el lecho remanente en el globo ocular.

Con esta cirugía, el doctor Barraquer se adelantó 30 años a lo que se realiza hoy con la tecnología láser, sentando las bases de la cirugía refractiva del nuevo milenio. Él mismo simplificó su técnica al realizar el procedimiento de adelgazamiento de la córnea en el ojo mismo, sin congelar ni tallar la córnea: construyó un microquerátomo (*queratos*: córnea, *tomo*: cortar) que hacía un corte superficial, seguido de otro corte de profundidad, determinada por el grado del defecto a corregir. Ese segmento intermedio se desechaba y la córnea resultante era más plana y con menor poder. Así se lograron corregir miopías altas, y muchos pacientes pudieron disfrutar de una autonomía que desconocían hasta entonces. Este procedimiento se denominó queratomileusis miópica in situ.

Al mismo tiempo, se empezó a desarrollar en el mundo, basados en su ley de los espesores, la tecnología aditiva de la córnea con anillos intraestromales, tecnología que sería abandonada y años después retomada, para convertirse hoy en una opción de manejo de la miopía y del queratocono (una alteración de la morfología de la córnea), y en una solución de las ectasias (incapacidad estructural de la córnea) creadas por adelgazamiento corneano excesivo en la cirugía refractiva de los inicios.

El cristalino, la segunda estructura más poderosa del ojo desde el punto de vista refractivo, con un promedio de unas **23 dioptrías (la mitad del poder corneano)**, llamó la atención de algunos cirujanos que propusieron su extracción para corregir miopías altas. La pésima evolución de estos casos los convenció de desistir de esa nueva forma de cirugía refractiva, por lo que se iniciaría así un compás de espera que duraría unos 15 años. También en ese momento nacía otro tipo de cirugía refractiva, la intraocular, que iría a tener un desarrollo asombroso en diseños, en técnicas quirúrgicas y en materiales.

Otro tipo de cirugía refractiva que tuvo su época dorada nació en manos de un brillante oftalmólogo japonés, el doctor Sato, que a principios del siglo XX postuló que al hacer cortes radiales en la periferia de la córnea, respetando el centro, se obtenía un aplanamiento de la misma. Su cirugía consistía en hacer los cortes en el endotelio, que, como vimos, es la cara interna de la córnea y está constituido por una capa de células que no se regeneran. Todas sus cirugías terminaron con la opacificación y descom-

pensación de la córnea, por daño en la bomba que mantiene constante la hidratación corneana y, por lo tanto, su transparencia. El doctor Fyodorof, revisando la literatura mundial, comprendió el error de Sato y ubicó las incisiones en la superficie ocular, obteniendo buenos resultados en el tratamiento de las miopías puras (sin astigmatismo) que tuvieran entre dos y cinco dioptrías (que fue la indicación inicial). La queratotomía radial, como se denominó este procedimiento, se difundió por el mundo y reinó durante muchos años. Los problemas, como inestabilidad refractiva y defectos residuales altos, generados en parte por las variaciones que se le realizaron a la técnica inicial, hicieron que fuera abandonada; pero, como todo en la evolución humana, dejó grandes enseñanzas para los cirujanos.

Basados en la ley de los espesores, se encontró la herramienta ideal: el láser *éximer* –que se utilizaba en la fabricación de microprocesadores– produce evaporación del tejido corneano al romper los enlaces carbono-carbono o carbono-nitrógeno, propiedad llamada fotoablación. Otra ventaja de este tipo de láser es su longitud de onda cercana a la ultravioleta (193 nm), lo que hace que penetre poco a los tejidos y que además respete las fibras de colágeno adyacentes, algo fundamental al tratar una estructura transparente como la córnea. El argón y el flúor, dos gases nobles, son estimulados con energía eléctrica para formar dímeros estimulados, o *éximer*, por la contracción de la expresión *excited dimers*.

Estos láseres en un principio eran de haz ancho de 7 mm de diámetro y se liberaban a la córnea a través de máscaras que determinaban la forma en que sería tallada dicha estructura, y la talla era de zona única. El láser llegaba a la córnea de forma directa y removía tanto el epitelio (la “piel”), como la cantidad de tejido que se había calculado de acuerdo con nomogramas de progresión desarrollados en los estudios clínicos. Esta cirugía se llamaba queratectomía fotorrefractiva (PRK, por su sigla en inglés). El postoperatorio era doloroso, y la visión inicial era borrosa mientras se regeneraba el epitelio; además, por la calidad de láser que se utilizó al principio, la respuesta cicatricial podía dejar una opacidad en la córnea, conocida como *haze*. Estos tres factores hicieron que se buscaran nuevos métodos para abordar la córnea, y a principios de la década de los noventa, uno de los alumnos de Barraquer, Luis Antonio Ruiz, desempolvó y rediseñó su microquerátomo, dando inicio al tercer género de queratomileusis: el LASIK, sigla en inglés de queratomileusis in situ asistida por láser. Con el microquerátomo se levantaba un colgajo parcial de tejido corneano, se aplicaba el láser en el estroma expuesto y se reponía el colgajo.

Así, el postoperatorio fue más amable, con pocas molestias, que no pasaban de las primeras seis horas. La recuperación visual era casi inmediata y desapareció el riesgo de la opacidad posquirúrgica: la “cirugía ideal”. Las limitantes, entonces, fueron las ayudas diagnósticas. Desde mucho antes se había aprendido que el secreto del éxito estaba en estudiar y escoger muy bien cada paciente, pero los queratoscopios, y luego los topógrafos, el instrumental diagnóstico de la época, no tenían la sensibilidad suficiente para detectar córneas con aquellas anomalías incipientes que se ubican en la cara interna, y que predisponen a un comportamiento inestable de la misma, como estructura que soporta fuerzas permanentes de deformación (la presión intraocular y el parpadeo). En estos casos, se presentaba debilidad corneana luego de la ablación con láser y, por lo tanto, irregularidad creciente de la misma. Esto hacía perder el efecto inicial de la cirugía y causaba disminución progresiva de la visión, por lo que algunos pacientes incluso llegaron a requerir trasplante de córnea.

Este hecho motivó la búsqueda de ayudas diagnósticas, lo que ha producido la tecnología con que contamos hoy. Hemos regresado, en los casos en que se requiere, a la cirugía de superficie rediseñada y con nuevo nombre, LASEK, sigla en inglés de queratomileusis subepitelial asistida con láser, como manera de abordar córneas delgadas, y además, se han descubierto casos que requieren otros tipos de cirugía refractiva no corneana.

Dos asombrosos descubrimientos en el campo de la biología acapararon la atención del mundo científico.

Posteriormente, se desarrolló el láser de haz variable (*variable spot scanning*), de más altas frecuencias, que requerían de sistemas de seguimiento del ojo para poder ubicar cada disparo en el sitio exacto. Estos sistemas se desarrollaron con base en la tecnología balística y con cámaras infrarrojas. En un principio, este mecanismo era capaz de perseguir el ojo en los ejes de X e Y, durante la cirugía, y los últimos sistemas de seguimiento son capaces de perseguir al ojo durante la cirugía, en los movimientos de ciclotorsión que se generan al acostar al paciente para operarlo; se denomina registro de iris (I:R:) y es el último software de la compañía con más proyección en la investigación mundial de mecanismos de ablación: VISX. Esto se logra por una imagen infrarroja que se capta en el momento del examen con el aberrómetro de VISX, y que registra las características más sobresalientes del iris de cada ojo. Luego, al transferir esta información al láser, lo primero que hace éste es identificar el ojo que se va a operar, y luego lo fija en rotación, y lo sigue con exactitud durante toda la cirugía; esto nos ha permitido dar hasta hoy el último paso en el tratamiento de los defectos refractivos.

La última tecnología: WAVE FRONT

A partir de instrumentos utilizados en astronomía para mejorar las imágenes recibidas desde áreas muy lejanas del espacio surgió la idea de empezar a estudiar el ojo con aberrómetros, aparatos que captan con diferentes sensores, de acuerdo con el fabricante, un frente de onda de láser, luego de atravesar un sistema óptico, y lo analizan mediante un computador con un programa de fórmulas matemáticas, conocido como los polinomios de Zernicke. Esto permite crear mapas para describir superficies en tres dimensiones, de acuerdo con el sentido de las desviaciones de cada rayo de luz coherente del frente de onda; en el ojo perfecto teórico, el frente de onda es plano porque ningún rayo sufre cambios y todos son paralelos. Así, se describieron la aberrometría del ojo normal y las diferentes clases de aberraciones ópticas de alto orden de primera, segunda y tercera generación, entre las que tienen significación clínica, que hacían que un paciente operado con LASIK y con un aparentemente buen resultado, presentara quejas en cuanto a la calidad de su visión.

Aquí nace la última generación de cirugía hasta el momento: la ablación personalizada guiada por frente de onda. Consiste en lograr una superficie corneana lo más regular posible, al corregir no sólo los defectos refractivos conocidos tradicionalmente, como miopía, astigmatismo o hipermetropía (llamados ahora aberraciones de bajo orden), sino también las aberraciones de alto orden, de los primeros tres o cuatro grados del árbol de Zernique. Los frentes de onda de las aberraciones en mención son complejas: sólo con un sistema de seguimiento de la sensibilidad micrométrica del registro de iris, y con la maleabilidad de haz de láser variable, se puede lograr la ablación para cada forma de defecto visual complejo, además de la corrección de las aberraciones de segundo orden.

El fentosegundo

Desde el desarrollo del LASIK, el estroma corneano se aborda con la utilización de cuchillas. Pero en los últimos años se ha venido desarrollando una nueva tecnología para reemplazar la cuchilla y otros instrumentos de disección en la cirugía de la córnea. La nueva tecnología se vale del láser fentosegundo, que utiliza la luz en el espectro infrarrojo para producir a altas frecuencias fotodisrupción fría y sin impactos del tejido, separándolo a nivel molecular, por medio de un gran número de pulsos de láser que generan un plasma que se expande por el nivel de profundidad escogido, como una onda hasta el diámetro seleccionado. Este plasma, por la pérdida posterior de temperatura, se transforma en una burbuja de CO₂ y H₂O, creando un colgajo corneano de la profundidad y diámetro que desee el cirujano.

Este nuevo procedimiento se ha llamado SBK (de *sub Bowman keratomileusis*), cuarta generación de esta cirugía. Además, ésta permite colocar la bisagra de dicho colgajo en la posición que se desee, teóricamente importante cuando el paciente tiene ojo seco. El fentosegundo ha disminuido las complicaciones que se tenían con los microquerátomos en córneas muy curvas o muy planas; afecta menos que el LASIK las fuerzas de resistencia corneana, debilitando menos el estroma residual, y haciendo

mucho más segura la cirugía refractiva. Adicionalmente, permite centrar muy bien los anillos intracorneanos, y hacer trasplantes lamelares de córnea con mucha precisión, entre otras aplicaciones que se le han dado. En nuestro país ya se cuenta con esta tecnología.

Utilizar anteojos ahora es más una cuestión de gusto que de necesidad; los procedimientos mencionados aplicados adecuadamente a cada paciente, muy bien estudiado, producen altos índices de satisfacción.

Referencias bibliográficas

American Academy of Ophthalmology. The eye M.D. association, Preferred practice patterns, Refractive Errors. 2002. http://one.aao.org/CE/PracticeGuidelines/PPP_Content.aspx?cid=e6930284-2c41-48d5-afd2-631dec586286

American academy of ophthalmology. The eye M.D. association, Refractive Surgery. Basic and Clinical Science Course. Section 13; 2007. . http://one.aao.org/CE/PracticeGuidelines/PPP_Content.aspx?cid=e6930284-2c41-48d5-afd2-631dec586286

Avalos G, Silva A. Presbyopic LASIK the PARM technique. Agarwal A, ed. Presbyopia: A surgical Textbook. 1s ed. Slack inc; 2002.

Barraquer M. Jose Ignacio et al, Cirugía Refractiva de La Cornea Tomos I y II. Instituto Barraquer de America; 1989.

Binder PS. 1.000 LASIK flaps created with the intralase FS laser. J cataract Refractive Surgery. 2006;32:962-969

Ruiz LA. Presbyopic LASIK. Cataract and Refractive Surgery Today. October 2002;75-76

Tamayo Gustavo. Serrano Mario. Corneal Topography in the Wavefront Era. Chapter 12: Corneal Topography and Wavefront Sensing: Complementary Tools. Slack Inc; 2006.



¿Hacia dónde camina la investigación del plancton colombiano?

Andrés Franco Herrera,

Biólogo Marino, Ph.D. Oceanografía
Profesor titular Programa de Biología Marina,
Facultad de Ciencias Naturales
Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano,
Sede Santa Marta
andres.franco@utadeo.edu.co

Los estudios en los océanos colombianos siempre han tendido a abarcar un alto número de comunidades pelágicas y bentónicas, en el afán de conocer las riquezas de nuestros mares. Sin embargo, siempre se han destacado, y obtenido un mayor impacto en la sociedad, los arrecifes de coral, los manglares, los pastos marinos y las comunidades ícticas, debido a su valor ecológico –representado en la belleza paisajística, protección de la línea de costa, consolidación de playas, alta diversidad de especies–, a su función como salacunas de invertebrados y vertebrados marinos y, por supuesto, a su valor alimentario para las poblaciones humanas. Tan importantes como ellos, pero menos reconocidas, son las comunidades planctónicas, cuyo pequeño tamaño hace que no tengan ese impacto visual y ese contacto primario que se puede tener con las anteriormente mencionadas. El plancton se refiere a un conjunto de poblaciones vegetales (fitoplancton) y animales (zooplancton) que están a merced de las corrientes y que pueden ser clasificadas de acuerdo a su tamaño, su permanencia en la columna de agua o sus hábitos alimenticios (Parsons *et al.*, 1984). Las investigaciones sobre esta comunidad en Colombia desde los años sesenta se han centrado principalmente en la descripción de especies, en establecer sus fluctuaciones en el tiempo como respuesta a los cambios oceanográficos de nuestros mares y lagunas costeras, o en algunos casos, como bioindicadores de eventos Niño/Niña (Caycedo, 1975; Arias y Durán, 1982; Franco *et al.*, 2006). No obstante, su rol e importancia cada vez toma más realce en un contexto nacional

Las investigaciones sobre el plancton toman cada vez más importancia en el contexto nacional por ser bioindicadores de eventos Niño/Niña y ser respuesta a los cambios oceanográficos.

y mundial. Históricamente, se sabe que el fitoplancton es el causante de la formación del alimento orgánico por fotosíntesis o quimiosíntesis, que es cerca del 95% del sustento de la red trófica marina, donde se incluyen directa o indirectamente todas las especies de invertebrados y vertebrados (Lalli y Parsons, 1997). Pero también es cierto que el zooplancton es el enlace para que ese alimento producido por el fitoplancton pueda llegar a especies de mayor talla, entre ellas, las que se denominan de importancia comercial. En otras palabras, es el cuello de botella que concentra gran parte de los flujos de materia y energía que provienen del fitoplancton y, a su vez, los encargados de difundirla por diferentes canales a los niveles tróficos superiores. Hasta ahí es evidente su importancia ecológica y trófica en el sistema. Pero es bien sabido que, además, pueden cumplir un papel fundamental en eventos de macroescala, como el cambio climático global, la migración de especies más allá de sus fronteras biogeográficas específicas, y además, contener compuestos bioquímicos de valor en la medicina o la cosmetología, o ser generadores de eventos de toxicidad masiva en aguas tropicales y de altas latitudes. Son éstos algunos campos fundamentales que se han abordado tangencialmente a través de las últimas décadas en la investigación nacional, y que requieren de una mayor atención, en procura de entender el papel de nuestros mares en la dinámica mundial de los océanos, y en la definición de su valor funcional como



elemento fundamental o innecesario para soluciones de carácter global. Algunos ejemplos se citan a continuación. Es muy llamativo y preocupante ver cómo no se cuenta con información detallada de la producción primaria fitoplanctónica (o formación de materia orgánica) en la columna de agua, al menos hasta la termoclina permanente o en la zona fótica, donde habita gran parte de esta comunidad autótrofa, y encontrarse por este motivo con paquetes ecológicos que recopilan información de todos los océanos del mundo, o detectar que gran parte de la información para el país proviene de modelaciones numéricas basadas en una pobre base de datos *in situ*. Ya ahí tenemos un déficit de información muy importante, es decir que no sabemos cuánta capacidad de producir alimento natural tienen los mares colombianos. De otra parte, se ha visto que uno de los mecanismos –por muy debatido que sea y aún sin determinar su impacto a mediano y largo plazo en la estabilidad de los océanos– es aumentar las poblaciones fitoplanctónicas en los océanos del mundo a partir de fertilizaciones con hierro, elemento traza que en bajas concentraciones actúa como limitante en la asimilación del nitrógeno inorgánico, con el objeto de incrementar el proceso fotosintético y así disminuir las concentraciones de CO₂ en la atmósfera y favorecer de cierta forma un menor incremento en la temperatura del planeta. Ante este planteamiento, que lleva más de diez años debatiéndose, se pregunta: ¿cuál será la capacidad de absorber CO₂ de nuestros mares colombianos? Estudios tróficos en el plancton del Caribe centro-colombiano proponen que la oferta fitoplanctónica es muy alta, con niveles similares a sistemas templados con florecimientos primaverales, y es posible que esta presencia de altas densidades pueda tener un rol en la captación de este gas de invernadero, muy cercano a los que otros sistemas templados puedan tener (Franco *et al.*, 2006). Pero también es cierto que los eventos de surgencia en La Guajira, frente al Parque Nacional Natural Tayrona o en el Pacífico norte colombiano aportan CO₂ a la atmósfera, debido a que las aguas de afloramiento traen una alta carga de este gas, producto de la descomposición de la materia orgánica en capas superficiales. Sin embargo, no hemos cuantificado ni la cantidad de CO₂ captada, ni la que se eyecta. Como un tercer ejemplo, vale la pena mencionar el papel del plancton que habita en las aguas de lastre de los buques de tráfico internacional, actividad que cada vez es mayor

en el país por los tratados internacionales de libre comercio que se vienen adelantando y por el crecimiento del servicio portuario nacional. Se pensaba años atrás que estas especies, por la penumbra de los tanques de almacenamiento y el tiempo de duración de los viajes entre puerto de zarpe y destino, llegaban muertas. La evidencia muestra lo contrario. Las aguas que se deslastran en los puertos destino pueden tener aún formas vivas de fitoplancton que adaptan sus sistemas pigmentarios a bajas intensidades lumínica, o el zooplancton, que desarrolla formas de enquistamiento hasta encontrar nuevamente condiciones favorables para su desarrollo (Suárez, 2007). Así, ya se han reportado diferentes especies de crustáceos, moluscos o peces en aguas colombianas, provenientes de zonas templadas o subtropicales, es decir, especies que potencialmente pueden ser invasoras y dañinas para la riqueza y biodiversidad autóctona. En síntesis, el plancton colombiano debe empezar a verse dentro de la globalización científica, es decir, dentro de la problemática mundial. Sin duda, los estudios de biodiversidad y riqueza de especies deben continuar, más cuando los que conocemos no superan en la mayoría de los casos los 100 metros de profundidad. Pero también es imperante que se empiecen a integrar estas funciones ecológicas dentro de la problemática mundial, y saber así si nuestros mares pueden contribuir significativamente a la solución de los problemas ambientales mundiales. Ojalá que sea ése el camino que busquemos.

Referencias

Arias, F. y Durán, J. (1982), "Variación anual del fitoplancton en la bahía de Cartagena para 1980". Tesis Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Cartagena.

Caycedo, I. E. (1975), "Productividad primaria y fitoplancton en la bahía de Nequange (Parque Nacional Natural Tayrona), en *Anales Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín*, (9): 7-14.

Franco, A., Castro, L. y Tigreros, P. C. (2006), "Plankton Dynamics in the south-central Caribbean Sea: Strong Seasonal Changes in a Coastal Tropical System. *Caribbean Journal of Science*, Vol. 42 (1): 24-38.

Lalli, C. y Parsons, T. R. (1997), *Biological Oceanography: An Introduction*, segunda edición, Oxford, Butterworth-Heinemann.

Parsons, T. R., Takahashi, M. y Margrave, B. (1984), *Biological Oceanographic Processes*, tercera edición, Oxford, Pergamon Press.

Suárez, V. C. (2007), "Biodiversidad del fitoplancton en aguas de lastre de buques de tráfico internacional y en los principales muelles cargueros de la Bahía de Cartagena, Colombia". Tesis Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina, Santa Marta.



La divulgación de la ciencia:

ambiciones y objetivos
el periodismo científico no contribuye
a satisfacer las necesidades básicas
de América Latina en este campo

Manuel Calvo Hernando

Escritor y periodista, Doctor en Ciencias de la Información. Secretario general de la Asociación Iberoamericana de Periodismo Científico y director de la AEPC
manuelcalvo@aepc.e.telefonica.net

Desde hace tiempo, vengo pensando en el proyecto de escribir un texto sobre un tema que me interesa mucho; en primer lugar, para una reelaboración y reflexión de mi propio conocimiento y, sobre todo, porque, salvo el profesor brasileño José Marques de Melo, nadie hasta ahora, en lo que yo pueda saber, ha abordado el tema de las teorías de la divulgación científica, al menos en nuestro ámbito. Este trabajo quisiera ser algo así como un anticipo de lo que podría ser el estudio definitivo.

En primer lugar, recordemos a los que podríamos llamar clásicos: *La vulgarisation des sciences par l'écrit*, de Jean Pradal; las intervenciones y discursos al recibir el Premio Kalinga, de la UNESCO, y sobre todo, los pronunciados Jean Rostand, en 1960, y Nigel Calder, en 1974. Más adelante, y dentro de estudios, individuales y colectivos que contienen valiosas indicaciones sobre nuestro tema: Roqueplo, Pkilippe (1974): *Le partage du savoir*, Du Seuil; *Vulgariser: un défi ou un mythe* (1985). Dirección de Smaïl Aït El Hadj y Claire Bélisle. Chronique Sociale, Lyon; Pierre Fayard (1988): *La communication scientifique publique*, Chronique Sociale, Lyon; Daniel Raichvarg y Jean Jacques (1991): *Savants et Ignorants*, Seuil.

En lengua inglesa, deben citarse los textos de Dorothy Nelkin; Warren Burkett (*News reporting and Writing Science News for the Mass Media*); David Locke (*La ciencia como escritura*), y muchos más.

La divulgación científica ha existido siempre, pero en Europa y América Latina no alcanzó su verdadera importancia hasta los comienzos del siglo XX. En el siglo XVII, un repentino interés se manifiesta en la nobleza y la gran burguesía. Nadie más que ellos podía disponer de instrumentos astronómicos y de laboratorios de física y de química. Para Pradal, las conversaciones de salón del siglo de Voltaire son realmente los primeros actos de divulgación. En el siglo XIX, esta moda pasajera que hasta entonces no había salido de círculos restringidos, conoció un cierto declinar. Y son los cambios singulares que revolucionaron al comenzar el siglo XX los progresos científicos y técnicos, la instrucción obligatoria y las reformas sociales, y la explosión comunicativa, los que suscitaron en el gran público un deseo completamente nuevo de información y de explicaciones. Este deseo, sentido por clases sociales cada vez más numerosas, conduce a la creación de un nuevo tipo de intermediarios, los divulgadores del conocimiento.

Desde entonces, las cosas no han cambiado realmente. La divulgación ha hecho progresos sensibles. Pero para seguir de cerca esta ciencia que se transformaba con mayor rapidez cada vez, era necesario que la divulgación se convirtiera en operativa, es decir, que saliera de una era artesanal y se multiplicara el número de divulgadores, y ofrecer a quienes les sucedieron una formación especial, que todavía sigue siendo un problema de carácter mundial porque los individuos y las sociedades no acaban de entender que el divulgador está llamado a ser tan necesario como el científico.

El funcionamiento de una democracia exige un mínimo de armonía y de comprensión entre la mayoría de los miembros de las sociedades. Esta doble condición no puede cumplirse si la divulgación de la ciencia, en cualquiera de las formas en que se realice, no consigue modificar este estado de espíritu que excluye a la ciencia, de la cultura general. Sigue existiendo la brecha que separa al hombre de ciencia y al gran público, y esta separación encierra riesgos para nuestra civilización y para la propia ciencia. Ello hace necesario desmitificar la ciencia, humanizándola. Renunciar a emprender esta desmitificación supondría confirmar la creencia popular de que la ciencia está hecha por superhombres. Desmitificar no supone, en el pensamiento de Pradal, renunciar a estudiar ninguna de las disciplinas científicas, incluso aquellas que, al aplicarse, son susceptibles de utilizarse con fines negativos. "Todas las disciplinas científicas pueden engendrar tanto milagros como catástrofes". Es la sabiduría del ser humano y de la sociedad la que tiene la obligación de evitar sus efectos perniciosos, tanto en la energía nuclear como en los automóviles.

La Unión Europea de la Asociación de Periodistas Científicos organizó el I Congreso Iberoamericano de Periodismo Científico en la ciudad de Salzburgo (Austria), del 24 al 26 de abril de 1974. Dos meses antes habíamos tenido en Caracas el I Congreso Iberoamericano de Periodismo Científico; en ambos casos, tratábamos de estudiar las misiones del Periodismo Científico en la sociedad. En la Declaración de Salzburgo ya se reconocían problemas que luego han aflorado definitivamente en las sociedades occidentales: la influencia del conocimiento científico en las condiciones de vida y desarrollo de la sociedad y al mismo tiempo, la separación entre la ciencia y, el público, porque la investigación científica es cada

vez más hermética para el hombre de la calle, para el político y para el propio científico de otra especialidad.

Hay en la Declaración de Salzburgo una petición expresa que todavía espera su desarrollo completo en países como los nuestros. Entonces se señalaba la urgencia de una formación permanente de los periodistas de la ciencia y se hacía un llamamiento a las universidades, los centros de

EL periodismo científico en los países de América es una tarea ardua - surge la necesidad de realizar una serie de acciones para que el periodismo científico se fortalezca

investigación y las empresas industriales para organizar cursos de reciclado y períodos de residencia en instituciones científicas. Las organizaciones sindicales de periodistas y las asociaciones profesionales eran invitadas a subrayar esta necesidad al defender sus reivindicaciones profesionales.

En los comienzos del siglo XXI, no se ha hecho casi nada de esto, al menos en la mayor parte de los países, con importantes excepciones, como, en Iberoamérica, México, que viene desarrollando una labor seria y responsable, especialmente en el sistema universitario. Se pedía también que las asociaciones de periodistas científicos organizaran cursos, seminarios y encuentros de cualquier tipo. En lo que se refiere a la Asociación Española de Periodismo Científico (AEPC), debo decir que ha cumplido esta obligación, aunque no en la medida en que hubiera sido necesario. La AEPC ha celebrado cursos de Periodismo Científico, Divulgación de la Ciencia y Comunicación Científica Pública en las universidades Complutense de Madrid: Internacional Menéndez Pelayo, en su sede central de Santander y en la de Tenerife; Internacional de Andalucía en Baeza (Jaén); La Laguna y otras. En España, después de un trabajo difícil y complejo, acabamos de conseguir, por ejemplo, la realización de un Curso de Comunicación para Investigadores, en la Universidad Carlos III de Madrid.

En la Conferencia Internacional de Periodistas Científicos, celebrada en Laxenbourg, Viena, los días 7 al 9 de mayo de 1979, se recordó la obligación de los políticos y de los medios informativos de hacer conocer al gran público los proyectos y programas de ciencia y tecnología. El papel de los periodistas -se insistía- no consiste solamente en encontrar explicaciones de los hechos científicos y escribir sobre ellas, sino trabajar para el gran público y, especialmente, para quienes están en el origen de la opinión pública y para los políticos y los científicos de los países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo.

Docente español Daniel Cassany:

El para qué: Pregunta básica en el periodismo científico

LA PATRIA

“El para qué? se constituye en la pregunta básica y fundamental del periodismo científico”, aseveró ayer el docente de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona España, Daniel Cassany, quien participa en nuestra ciudad, como expositor del Segundo Congreso Internacional de Docentes de Lenguaje y Literatura.

Una de las experiencias que tiene Cassany, desde hace 6 años, es la investigación de cómo los periodistas consiguen que, los ciudadanos que no saben nada de muchas cosas, puedan llegar a entender determinadas materias especializadas.

A esos temas especializados que son redactados por periodistas, el docente español ha llegado a denominarlos, como la teoría de la divulgación científica, y, manifiesta que en el periodismo científico se intensifica el interés por conocer cuáles son las nuevas investigaciones que se están desarrollando en los nuevos

conocimientos creados. “Resulta que para entender lo que significa el ADN (ácido desoxirribonucleico), se requieren una serie de conocimientos científicos, que solo conocen los genetistas, entonces, el periodismo se enfrenta a un reto importante, de cómo hacer entender a la ciudadanía de conocimientos que son sofisticados y que solo existen dentro de las disciplinas técnicas”, aseveró.

PARA QUÉ

Según el docente español, en el periodismo científico la palabra “para qué” es la que adquiere una importancia significativa, para encarar una determinada información especializada.

“En la divulgación científica, al margen de las preguntas básicas del periodismo (cómo, cuándo, dónde, por qué y quién), el para qué se constituye en la pregunta básica y fundamental del periodismo científico, o sea cuando un periodista publica una novedad que cambiará nuestras vidas. Lo que hace el periodista no es tan-



Daniel Cassany

to explicar cuándo o qué es lo que se publicó, sino el para qué”, explicó.

Y puso como ejemplo, que dentro de diez años se curará el “Alzheimer”, pero la pregunta es “para qué” y luego se explica, el dónde, quién, cómo, cuándo.

Argumentó que el periodismo científico es una materia relativamente nueva de unas cuantas décadas y se nota cuando los medios de comunicación se dedican a lo científico, por el interés que existe de la ciudadanía.

be dicha información para que entienda la gente de la calle, ya no se dice lo mismo, entonces, señala que deben existir reglas, hasta dónde el periodista pueda informar sin traicionar el origen.

El docente aplica el ejemplo de la anécdota del Einstein, contada por el físico y escritor Ernesto Sábato, cuando una anciana le pidió que le explique la Teoría de la Relatividad.

“Einstein se la explicó y le preguntó si la había entendido, y la viejecita le dijo que no y Einstein se la volvió a explicar varias veces, hasta que reduciendo la teoría, le preguntó si la había entendido, por lo que la viejecita le dijo que sí, pero Einstein le dijo que lo que le explicó ya no era la Teoría de la Relatividad, porque la simplificó tanto, que no era lo que pensaba”, señaló.

Cassany dijo que en el periodismo científico se deben guardar las ideas fundamentales del discurso original del conocimiento científico y luego hacerlas accesibles a las personas.

“Del mismo modo que existe un código deontológico (ético) del periodista, que dice que tienes que contrastar tus fuentes, que tienes que redactar de un modo determinado, aún no existe un código deontológico del periodista científico y hasta dónde por ejemplo tú puedes divulgar una cosa”, sostuvo.

Cassany manifestó que es evidente que existe un ámbito dentro de la genética, entendida por genetistas, en el momento que el periodista reescri-

Iberoamérica: el primer seminario

En la segunda mitad del siglo XX se manifiesta en Iberoamérica una cierta sensibilidad por estos temas. En 1962 se celebra un primer seminario en Santiago de Chile, y en 1965 tres personas damos en el Centro Internacional de Estudios Superiores de Periodismo para América Latina (CIESPAL) el primer curso de esta especialidad en países de habla española. En 1966, se celebra en Buenos Aires una Mesa Redonda sobre el tema, presidida por el premio Nobel argentino Bernardo Houssay. El Instituto de Cultura Hispánica de Madrid organiza un Seminario de Periodismo Científico, del 16 al 22 de mayo de 1967.

En 1969, el gobierno colombiano y la OEA convocan una Mesa Redonda de Periodismo Científico y Educativo, sobre el tema cuyo título era ya una aspiración (incumplida hasta ahora): “Creación de una conciencia pública del valor de la educación, la ciencia y la cultura en el progreso nacional”. De esta Mesa Redonda saldría la propuesta de creación del CIMPEC (Centro Interamericano para la Promoción Educativa y Científica para la Prensa), una institución que desarrolló una tarea ingente y cuya desaparición, a la muerte de su primer director, el físico y comunicador colombiano Josué Muñoz Quevedo, todavía se percibe en muchos países, especialmente los más pequeños, que disponen de menos medios para llevar a cabo esta preparación de materiales sobre ciencia para los medios informativos.

Inmediatamente después de la Mesa Redonda de Bogotá, tuvimos en Medellín un incipiente congreso nacional de periodismo científico, durante el cual tuve el privilegio de conocer al venezolano Aristides Bastidas, y allí sentamos las bases de la Asociación Iberoamericana de Periodismo Científico (AIPC), que ha promovido siete congresos iberoamericanos de Periodismo Científico. Los encuentros e

Última

LABORAL

Construya su propia marca como empleado

PÁGINA 43



CINE

Furor por el vino tras 'Entre copas'

PÁGINA 44



El futuro del combustible de hidrógeno pasa por Canadá

Vancouver tendrá en los Juegos de Invierno de 2010 una red de surtidores en una autopista ecológica

Eduardo G. ENCORECA Madrid

Todavía queda un lustro para que se celebren los Juegos Olímpicos de Invierno en Vancouver, pero las tecnologías limpias ya se han apuntado una medalla en Canadá: la Hydrogen Highway o Autopista del Hidrógeno. Más de 160 kilómetros de carretera entre Vancouver y la estación de esquí de Whistler que dispondrán de un sistema de producción y abastecimiento de hidrógeno para vehículos propulsados por pilas de combustible. Este entramado de infraestructura y logística entrará en pleno funcionamiento en 2010, cuando den comienzo las competiciones, pero los primeros surtidores se verán a partir de 2007.

Detrás de esta iniciativa anda Fuel Cells Canada, una asociación industrial en la que participan tanto empresas del sector privado como instituciones públicas del país norteamericano. Para Alison Grigg, responsable del proyecto, "la Autopista del Hidrógeno es una metáfora destinada a difundir la comercialización de las pilas de combustible".

¿Pero qué es una pila de combustible? Estas pilas son dispositivos que, a partir de la combinación química del hidrógeno y del oxígeno, producen electricidad, calor y vapor de agua. Por lo tanto, no contaminan. Sus aplicaciones potenciales son de lo más variadas: desde servir de batería para un ordenador portátil a actuar como generador de electricidad de un chalé. Los prototipos confirman que la tecnología funciona.

La Autopista del Hidrógeno constará de siete puntos de distribución entre Whistler y Victoria, la capital de



La 'Autopista del Hidrógeno' dispondrá de varios puntos de abastecimiento para los vehículos de pilas de combustible.

la Columbia Británica. Pero, "a largo plazo, el objetivo es conectar esta red con la que se está desarrollando paralelamente en California (EE UU)", dice Erin Bigelow, portavoz de Fuel Cells Canada.

Para el Ministerio canadiense de Recursos Naturales, la Autopista del Hidrógeno demostrará "la viabilidad (...) de una infraestructura energética basada en el hidrógeno. En este sentido, la autopista conduce hacia la futura economía del hidrógeno." Canadá es hoy uno de los países punteros en el desarrollo de las pilas de combustible, junto con EE UU, Japón y Alemania. El 54% de los vehículos de hidrógeno de todo el mundo utilizan componentes canadienses. En el país de la Commonwealth, esta industria da trabajo a 2.600 personas en más de 80 compañías y tuvo unos ingresos de 117 millones de euros en 2003, un 40% más que el año anterior.

La automoción figura entre los prin-

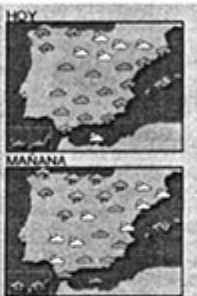
Canadá es, junto a EE UU, Japón y Alemania, uno de los líderes en esta tecnología. Un 54% de los prototipos de coches emplean piezas canadienses

cipales impulsores de esta tecnología porque, como señala Alison Grigg, "es una de las áreas que puede sacar mayores beneficios. Las energías limpias no han conseguido entrar plenamente en ella y los combustibles fósiles serán cada vez más caros de extraer."

Pero aún queda un largo camino por delante para estas pilas. "Todavía no hay una red para el abastecimiento de hidrógeno, es necesario saber cómo evaluar la pureza del combustible y, al tratarse de un nuevo mercado, no existe demanda", indica Grigg. A esto hay que sumar algunos desafíos técnicos, como los costes de producción del hidrógeno, la eficiencia energética de las pilas y el volumen de combustible que cabe en un depósito.

Madrid y Barcelona, con tres autobuses de hidrógeno cada una, son dos de las diez ciudades europeas donde circulan los primeros vehículos experimentales. En ambas ciudades se utiliza tecnología canadiense.

Servicios meteorológicos
www.meteotemp.es



| | | | |
|--------------|----|----|-----|
| A Coruña | 10 | 4 | CHU |
| Asturias | 7 | -3 | NUB |
| Batavia | 14 | 2 | INT |
| Barcelona | 11 | 4 | CHU |
| Bilbao | 11 | 1 | INT |
| Burgos | 8 | -3 | INT |
| Ciudad Real | 12 | 1 | DES |
| Cádiz | 15 | 11 | NUB |
| Cantabria | 12 | 6 | CHU |
| Ciudad Real | 8 | 2 | CHU |
| Córdoba | 15 | 2 | INT |
| Cuenca | 7 | -2 | CHU |
| Órdena | 13 | 6 | CHU |
| Granada | 10 | 1 | CHU |
| Guadalajara | 9 | -3 | INT |
| Huelva | 13 | 4 | NUB |
| Huesca | 7 | 1 | DES |
| Jalón | 9 | 2 | CHU |
| Las Palmas | 21 | 16 | CHU |
| León | 8 | -3 | INT |
| Lleida | 10 | -1 | INT |
| Lugo | 10 | 0 | INT |
| Madrid | 7 | -1 | CHU |
| Málaga | 14 | 8 | CHU |
| Madrid | 15 | 9 | INT |
| Murcia | 14 | 4 | INT |
| Ourense | 13 | 1 | CHU |
| Oviedo | 10 | 0 | INT |
| Palencia | 9 | -1 | INT |
| P. Makuria | 13 | 5 | CHU |
| Pamplona | 10 | 0 | INT |
| Pontevedra | 11 | 3 | CHU |
| Salamanca | 9 | -4 | INT |
| S. Sebastián | 8 | 3 | INT |
| Santander | 9 | 4 | CHU |
| Segovia | 5 | -3 | INT |
| Sevilla | 14 | 5 | INT |
| Tarazona | 7 | -1 | INT |
| Tarazona | 10 | 4 | CHU |
| Teruel | 20 | 16 | CHU |
| Torrelaveg | 7 | -1 | INT |
| Torrelaveg | 10 | -2 | INT |
| Valencia | 13 | 6 | CHU |
| Valladolid | 8 | -2 | INT |
| Vitoria | 8 | -3 | INT |
| Zamora | 9 | -2 | INT |
| Zaragoza | 11 | 1 | NUB |

INFORMACIÓN, RESERVAS Y VENTA TELEFÓNICA:
SERVIBERIA
902 400 500
IBERIA

intercambios personales e institucionales a que han dado lugar estos congresos nos han enriquecido a todos los participantes, y la difusión de sus actas ha sido una contribución importante sobre un tema de escasa bibliografía.

En 1986, la Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello (SECAB) y la Fundación Konrad Adenauer emprenden un programa para promover la especialización de periodistas en ciencia y tecnología, y publican dos libros: *Periodismo científico en los países del Convenio Andrés Bello* (Bogotá, 1986) y *El periodista científico toca la puerta del siglo XX!* (Bogotá, 1988). Se completaba así la escasa bibliografía sobre el tema, que cuenta con la publicación del *Manual de periodismo científico y educativo* (CIMPEC-OEA, Bogotá, 1974), reeditado por CIESPAL.

Mientras tanto, los países de América se embarcaban en unos programas –desgraciadamente sin continuidad– de promoción de la divulgación de la ciencia y de la tecnología en las sociedades contemporáneas. La Organización de Estados Americanos, el Convenio Andrés Bello en los Países Andinos, CIESPAL y otras instituciones han realizado esfuerzos en este sentido.

El periodismo científico en las naciones de América

Analizar la situación del periodismo científico en los países de América es una tarea no sólo ardua, sino imposible de realizar en todas sus dimensiones, salvo que una institución poderosa, como la OEA o la Unesco, la tomara sobre sí.

Quisiera ofrecer una idea general sobre la situación del periodismo científico en las naciones de Iberoamérica, tal como he podido analizarla con los escasos documentos procedentes de diversas fuentes: congresos y seminarios iberoamericanos de periodismo científico; documentos publicados por la Organización de Estados Americanos, Convenio Andrés Bello, consejos nacionales de ciencia y tecnología, y otras instituciones; conversaciones personales con periodistas y profesores de comunicación de los respectivos países, y los pocos trabajos publicados sobre el tema.

En las sociedades iberoamericanas, la divulgación de la ciencia y la tecnología a través de los medios informativos es un problema más entre todos los que estos países han de afrontar en cuestiones de comunicación e información, y que han sido estudiados, entre otros, por Antonio Pasquali (*El orden reina, La comunicación cercenada. El caso Venezuela, Comunicación y cultura de masas y Comprender la comunicación*), Marcelino Bisbal (*La comunicación interrumpida*), José Marques de Melo (*Comunicação Social. Teoria e pesquisa, Imprensa e desenvolvimento*), Jesús Martín Barbero (*Comunicación masiva: discurso y poder*), y las obras colectivas *Comunicación transnacional. Conflicto político y cultural* (Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales), Enrique González Manet (*La guerra oculta de la información*).

En América Latina, la eclosión del periodismo científico en el siglo XX no ha constituido ningún corte radical con lo anterior, ya que los primeros periódicos, en el siglo XVIII, difundían nociones e informaciones científicas. Pero el periodismo científico no contribuye hoy a satisfacer las necesidades básicas de los países, en orden a la educación permanente y a la participación de los pueblos en el quehacer científico y en la toma de decisiones.

Por una parte, las poblaciones no satisfacen su derecho a ser informadas sobre aspectos tan decisivos para su vida cotidiana y para su futuro y el de sus descendientes. Por otra, falta un debate público sobre estos temas y una actitud crítica de los ciudadanos ante las prioridades en la inversión pública en ciencia y tecnología.

Hace un cuarto de siglo, el panorama de la divulgación científica en América Latina era desalentador. Según un estudio de CIESPAL (Centro Internacional de Estudios Superiores de Periodismo en América Latina); de los 78 principales diarios investigados, solamente cinco publicaban con regularidad artículos de divulgación científica y trece de ellos no insertaban ningún tipo de material educativo ni científico.

En 1985, Josué Muñoz Quevedo señalaba que no existía en Iberoamérica un diario, una estación de radio o un canal de televisión que no incluyera, al menos una vez por semana, alguna información científica o tecnológica.

El Dr. Julio Abramczyk, uno de los adelantados del periodismo científico en el continente, ha analizado la situación de cada uno de los países de habla española y portuguesa, en su completo trabajo presentado al I Congreso Nacional de Periodismo Científico (Madrid, 19-20 de abril de 1990). En este estudio se detectan los progresos realizados en cada uno de los países, sin que ello suponga, como también advierte el divulgador brasileño, que se hayan alcanzado las metas ideales.

En los mismos años 60 en que las escuelas de periodismo de Estados Unidos empezaban a dar cursos de periodismo científico, se manifestó en Iberoamérica una cierta sensibilidad por estas cuestiones. En 1962 se celebró un primer seminario en Santiago de Chile y en 1965, tres personas –un nor-

teamericano, un chileno y yo— dimos el primer curso de esta especialidad en países de habla española. Estuvo patrocinado por CIESPAL que después ha seguido promoviendo encuentros de esta naturaleza.

La institucionalización del periodismo científico en Iberoamérica arranca de la Declaración suscrita por los jefes de Estado americanos en Punta del Este (Uruguay) el 14 de abril de 1967. En ella se expresa el propósito de impulsar la educación en función del desarrollo y poner la ciencia y la tecnología al servicio de los pueblos. Allí se acordó la creación de un Programa Regional de Desarrollo Educativo. Ya existía un Programa Interamericano de Periodismo Científico, iniciado por el Departamento de Asuntos Científicos de la Organización de Estados Americanos y el Centro Técnico de la Sociedad Interamericana de Prensa. Este programa organizó reuniones de información científica para periodistas, promovió cursos y cátedras, etcétera.

En la reunión de Maracay (Venezuela) se establecieron los Programas Regionales de Desarrollo Educativo, Científico y Tecnológico, impulsados, orientados y coordinados por la Comisión Ejecutiva del Consejo Interamericano Cultural de la OEA.

En 1966 se celebró una Mesa Redonda sobre el tema, convocada y presidida por el premio Nobel argentino Bernardo Houssay. El Instituto de Cultura Hispánica de Madrid organizó un Seminario de Periodismo Científico del 16 al 22 de mayo de 1967.

Volviendo a los programas regionales, para examinar el problema operativo se reunió en Bogotá, del 18 al 22 de mayo de 1969, una Mesa Redonda de Periodismo Educativo y Científico. De esta reunión salió la propuesta de creación del CIMPEC, Centro Interamericano para la Promoción de Material Educativo y Científico para la Prensa.

En 1969 se creó la Asociación Iberoamericana de Periodismo Científico (AIPC), que viene desarrollando trabajos relacionados con sus objetivos fundacionales: cursos, seminarios, reuniones y, especialmente, los congresos iberoamericanos de periodismo científico, que hasta ahora han sido los siguientes: I, Caracas, 1974; II, Madrid, 1977; III, México D.F., 1979; IV, São Paulo, 1982; V, Valencia, 1990; Santiago de Chile, 1996, y Buenos Aires, 2000. Algunas de las ponencias de estas reuniones han sido publicadas y suponen una contribución importante sobre un tema de escasa bibliografía, y no sólo en idioma castellano.

Se han celebrado también congresos nacionales de periodismo científico en Medellín (Colombia), 1969; Mendoza, (Argentina) y México (1986); seminarios internacionales en las ciudades colombianas de Bogotá, Bucaramanga y Tunja; etcétera.

Con independencia de los cursos, organizados por las asociaciones nacionales de periodismo científico o por otras instituciones, se han celebrado seminarios y talleres en Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, España, Guatemala, México, Paraguay, Venezuela y Uruguay.

Es una pena que una buena parte de esta obra no se haya completado y que se haya olvidado la frase de Martí: “Los países de América del Sur, que carecen de instrumentos de labor y de métodos productores rápidos, experimentados y científicos, necesitan saber qué son y cuánto cuestan, y cuánto trabajo ahorran, y dónde se venden los utensilios que en esta tierra pujante y febril han violentado la fuerza de la tierra y llevado a punto de perfección el laboreo y transformación de sus productos...”. Hace algo más de cien años, y estos propósitos no se han cumplido aún en América Latina.

1982 y 1991 fueron años positivos para el periodismo científico en Iberoamérica, lo cual no significa que no haya habido actividades en otras fechas, sino solamente que los he elegido como ejemplo de lo realizado en los últimos años. En 1982 se celebra, además del IV Congreso Iberoamericano de Periodismo Científico, en São Paulo, un Seminario Internacional en Tunja (Colombia), un Encuentro Nacional de Periodistas y Científicos en Mendoza (Argentina) y un Seminario Nacional, con participaciones extranjeras, en Brasilia.

En 1991 se celebraron un Curso de Periodismo Científico en la República Dominicana (abril), un Curso-Taller en Caracas, y la tradicional cena de la ciencia, también en Caracas. La Oficina Avanzada de Jornalismo Científico de la Universidad de São Paulo y el I Congreso Peruano de Periodismo Científico. En 1992 se desarrollaron cursos de periodismo científico en Costa Rica y Guatemala, además de seminarios de carácter nacional en otros países.

Hoy, la situación es menos optimista. Parece que el entusiasmo de aquellos años no siguió adelante, aunque tanto Colciencias y los consejos nacionales de ciencia y tecnología, y otras instituciones como CIESPAL, han continuado una tarea que, siendo importante, resulta escasa para todo lo que nos falta por hacer en este aspecto.

Principales problemas

Los principales problemas del periodismo científico en los países de América podrían ser los siguientes:

- Falta de ambiente popular hacia la investigación científica, como consecuencia de una educación humanística en los últimos siglos y de una falta de sensibilidad en las clases dirigentes. El periodismo científico se encuentra así en un círculo vicioso: no se escribe más sobre ciencia porque no hay conciencia científica en la sociedad, y la sociedad sigue viviendo ajena a estas cuestiones porque los medios informativos no crean el ambiente público imprescindible para esta toma de conciencia.

- En el II Congreso Iberoamericano de Periodismo Científico (Madrid, 1977), las ponencias discutidas mostraban a Iberoamérica como un conjunto de naciones aisladas, con escasa comunicación, y dependientes, en mayor o menor medida, de centros de decisión lejanos y extranjeros. Mientras no se logre superar tal aislamiento y dependencia –se decía entonces– es imposible pensar en un desarrollo autónomo de la tecnología, de la investigación científica y de su divulgación a través de los medios informativos.

Hoy, el panorama no ha variado sensiblemente.

Para el peruano Tomás Unger, los problemas de mayor gravedad son la *falta* de interés de la mayoría de los medios de comunicación y la dificultad de acceso a las fuentes.

- Falta de innovación y creatividad en las técnicas de difusión, que, hablando en general, son tachadas de unidireccionales, verticales, escasamente dialogantes y paternalistas.

- Escasez de periodistas científicos. Como afirma Unger, “si consideramos que el Perú –y esto puede afirmarse de cualquiera de nuestros países– tiene decenas de periodistas deportivos, comentaristas políticos y expertos en economía y sociología, resulta sorprendente que tan pocos nos hayamos preocupado por escribir sobre ciencia”.

En Brasil, la ausencia de un debate más profundo sobre las relaciones entre los procesos de producción científica y de producción periodística mantiene una situación que Wilson da Costa Bueno, en 1991, expone como sigue, en una sistematización que pudiera aplicarse a la mayoría de los países de Iberoamérica:

1. Visión dogmática y romántica de la ciencia y de la tecnología.
2. Predominio de grandes institutos y universidades, como si fuera de ellos no se hiciera ciencia en el país.
3. Redundancia de fuentes, con primacía para los burócratas, en detrimento de científicos e investigadores.
4. Decadencia del reportaje científico por el abuso de los trabajos de revistas y artículos internacionales.
5. Falta de utilización de las empresas como fuentes de información en ciencia y tecnología.
6. Escasos esfuerzos para incorporar la ciencia y la tecnología como información básica en los periódicos de divulgación corporativa
7. Prejuicios sobre el saber popular y mantenimiento de antiguos paradigmas.

Un problema específico está originado por la desaparición paulatina de revistas científicas, por problemas económicos.

- Poca sensibilidad de los propietarios de los medios. En los congresos iberoamericanos de periodismo científico celebrados hasta ahora y en otras reuniones y seminarios se ha insistido en reclamar

la difusión científica es una necesidad social



a los propietarios y directores de medios informativos que incorporen a sus redacciones a periodistas científicos, para poder prestar un mejor servicio a sus respectivas comunidades y porque se trata de informaciones que, bien desarrolladas, pueden “vender”.

- En ciertos casos, falta de cooperación por parte de la comunidad científica o de sus organismos representativos. En general, escasa preocupación de los organismos investigadores por la diseminación del conocimiento científico y tecnológico en el lenguaje de la calle.

- Problemas derivados de falta de interés o de coordinación en aspectos como las políticas de difusión, su planificación y financiamiento y la capacitación de recursos humanos.

- En los casos en que los medios hacen periodismo científico, surge el problema de la actuación incompleta sobre la población, ya que, en la mayor parte de los países de América Latina, una buena parte de los sectores padecen todavía graves problemas de comunicación e información, especialmente en lo que se refiere a la prensa escrita.

- No contribuye al fortalecimiento del periodismo científico en América Latina la situación de la investigación científica en la región: gran dependencia, contratos “llave en mano”, imposición a la población de artículos innecesarios (la célebre barredora de nieve para un país tropical), los contratos secretos, la prioridad del lucro del inversionista antes que la solución del problema correspondiente, la escasez de vocaciones científicas, la aceptación y respeto hacia el investigador, pero que sigue sin formar parte de la cultura de nuestros países, etcétera.

Como consecuencia de lo dicho hasta ahora, surge la necesidad de realizar una serie de acciones que el periodismo científico puede contribuir a desarrollar:

- Creación de una conciencia pública sobre el valor de la educación, la ciencia y la tecnología en el progreso nacional. Sobre este tema, tuvimos en Bogotá (1969) una interesante Mesa Redonda, pero esta conciencia sigue sin crearse.

- Consideración de la divulgación de la ciencia desde una perspectiva integradora y social, y como un asunto de interés nacional, como se afirmó en las conclusiones del Encuentro Nacional de Divulgación Científica, en Sinaloa (México, 2000).

- Estudio y difusión de análisis sobre las distorsiones que se producen en la práctica del periodismo científico en las distintas sociedades.

- Estímulo a los medios de comunicación de algunos países para que empiecen a ofrecer una “información formativa” como instrumento de acceso de las masas al conocimiento y a la cultura.

- Cooperación para difundir un léxico científico común, destinado a hacer efectiva la aspiración de constituir una comunidad de libre circulación de la información en lengua española y portuguesa,



que deje de ser sólo consumidora de información y desarrolle información electrónica como sector de enorme potencial económico y social.

- Dedicar atención especial a los temas del medio ambiente.

Una política de difusión integral de ciencia y tecnología debe cumplir, a juicio del ecuatoriano Marco Encalada, unos objetivos y fines, de los que aquí señalamos algunos:

- Afrontar el problema de la difusión científica y tecnológica como una prioridad nacional para la consecución de la política nacional de desarrollo científico y tecnológico.

• La difusión debe considerarse no como un problema exclusivo de información, sino como uno de comunicación integral.

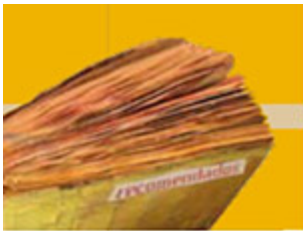
- Asimismo, debe tenerse en cuenta que la difusión científica es una necesidad social.

La difusión no debe entenderse como un proceso mediante el cual se “envía” comunicación de un sistema de información a otro, sino también el “ingreso” de la información y su correspondiente adecuación para hacerla accesible a los diversos sectores que así lo requieran. Y este proceso debe ser democrático, de tal manera que ni la información sea patrimonio de unos pocos ni que los medios a través de los cuales se distribuya puedan ser manipulados exclusivamente pensando en los intereses de los propietarios o administradores de tales informaciones.

Referencias

El autor de este artículo ha publicado, entre otros, los libros siguientes sobre el tema:

- *Periodismo científico*, Madrid, 1977.
- *Periodismo Científico*, segunda edición, Madrid, 1992.
- *Manual de periodismo científico*, Barcelona, 1997.
- *El Nuevo Periodismo de la Ciencia*, CIESPAL, Quito, 1999.
- *Para conocer más acerca de Manuel Calvo Hernando consulte <http://www.manuelcalvohernando.es/>*



Novedades editoriales

*Evaluación del estado de los bosques de niebla y de la meta 2010 en Colombia
Colombia, diversa por naturaleza.....*



Dolores Armenteras Pascual,
Camilo E. Cadena y Rocío del
Pilar Moreno
Instituto de Investigación
de Recursos Biológicos
Alexander Von Humboldt
Agosto 2007
72 pp

Este documento es una aproximación y una muestra significativa sobre los estudios existentes sobre los ecosistemas en Colombia. Esta dividido en tres partes: la primera, presenta los aspectos generales de los bosques de niebla; la segunda, contiene la formulación de preguntas claves sobre el bosque de niebla con base a las estrategias y objetivos definidos en la *Política Nacional de Biodiversidad* y la tercera, muestra una discusión sobre los vacíos de conocimiento identificados y los requerimientos de información en el caso del bosque de niebla.

Manes, mansitos y manazos: una metodología de trabajo sobre violencia intrafamiliar y sexual.....



Grupo de investigación conflicto social y violencia
Departamento Administrativo Bienestar social
Centro de Estudios Sociales, CES
Facultad Ciencias Humanas
Universidad Nacional de Colombia, 2006
204 pp

Es la recopilación de la experiencia de los conversatorios entre hombres realizada el año pasado con la Universidad Nacional de Colombia, a través del Grupo Conflicto Social y Violencia del Centro de Estudios Sociales de la Facultad de Ciencias Humanas, y que responde a la expectativa de la Alcaldía Mayor de Bogotá de que procesos como este generen el interés de la academia y los científicos sociales para enriquecer políticas de cambio cultural a largo plazo. Esta experiencia pone de relieve la construcción de la masculinidad como una construcción cultural

fundamentada en el ejercicio de la autoridad y el uso de la fuerza física, que puede ser modificada, no sólo mediante el reconocimiento de múltiples y diversas formas de ser hombre, sino mediante un trabajo de cambio cultural que pueda, además de flexibilizar los roles, afianzar una manera de relación más democrática en el sentido radical del término. A través de estos conversatorios, hombres de todas las edades visualizaron su manera de ser desde la masculinidad, de relacionarse con otros hombres, de afrontar y reaccionar frente al conflicto y las múltiples problemáticas de pobreza, exclusión, violencia familiar, sexual, social y política a la que se ven enfrentados a diario. La experiencia es una etnografía masculina de Bogotá y las múltiples violencias que vive la ciudad.

COLECCIÓN MONOGRAFÍAS

Los ingeniero-matemáticos colombianos del siglo XIX y comienzos del siglo XX.....



Clara Helena Sánchez
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de
Colombia
Julio 2007
212 pp

Este libro es un aporte a la historia de la matemática y de la ingeniería en el país. Este texto corresponde a una tesis para obtener el título de Profesor en Ciencias Matemáticas de la Facul-

tad de Matemáticas e Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. La Universidad actualmente cuenta con el programa de investigaciones históricas de la matemática en Colombia, que ha tenido entre sus prioridades la recuperación del patrimonio matemático colombiano, y de manera muy especial la localización y análisis de la producción matemática de nivel universitario del siglo XIX.

COLECCIÓN MONOGRAFÍAS

Potencial biotecnológico de microorganismos en ecosistemas naturales y agroecosistemas



Editora: Jimena Sánchez Nieves
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Colombia
Marzo 2007
436 pp

Es el resultado del proceso de recopilación, actualización y presentación de los avances en la investigación biotecnológica con microorganismos en Colombia. Hace parte de las memorias del curso potencial biotecnológico de microorganismos en ecosistemas naturales. En los primeros capítulos se da una visión general sobre los ecosistemas y la dinámica microbiológica característica en ecosistemas acuáticos. A continuación se presentan algunas aplicaciones biotecnológicas como los bioplaguicidas, la fermentación, biorremediación, bioprospección, entre otros.

COLECCIÓN CURSOS LIBRES

Curso libre juvenil de matemáticas



Myriam M. Acevedo C, Myriam L. Campos F., Luis Rafael Jiménez B. y Blanca Aurora León I.
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Colombia
2007
282 pp

En este texto, los autores intentan proponer una aproximación intuitiva a algunos elementos teóricos y prácticos de la matemática básica. El material que contiene esta publicación, está orientado a enriquecer los conceptos y las herramientas que los estudiantes han adquirido durante los años de enseñanza de las instituciones escolares. Podrá encontrar temas como las propiedades de los números reales, fundamentos del álgebra, elementos básicos de la geometría euclidiana, las funciones y por último, la trigonometría.

COLECCIÓN TEXTOS

Optimización estática y dinámica en Economía



Arsenio Pecha C.
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Colombia
Junio 2007
337 pp

Este texto es el resultado de la depuración de las notas de clase de matemáticas II para los estudiantes de economía de la Universidad Nacional de Colombia. Aquí pueden encontrar temas que van más allá de lo básico como son conjuntos, topología, funciones, grafos,

COLECCIÓN NOTAS DE CLASE

Física experimental



Ángel Miguel Ardila
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Colombia
2007
272 pp

Es un libro dedicado a la investigación, donde se presentan procedimientos teóricos y experimentales. Con el fin de preparar al estudiante a la realización de experimentos con rigor científico, esta publicación incluye una gran cantidad de ejercicios y algunos experimentos relacionados con el área mecánica. Algunos de los temas tratados en esta publicación son los siguientes: el método científico, teoría de errores, presentación de resultados, cifras significativas, análisis dimensional, gráficas, forma de presentación de los informes de laboratorio, prácticas de laboratorio y finalmente, problemas.

contornos, convexidad y optimización estática, conceptos que son la base de la microeconomía.

Finalmente, presenta tres aplicaciones de la teoría a modelos económicos de mercado, generacionales y de enfoque de la dinámica en economía.

Innovación y Ciencia

“Un *paso adelante* en
ciencia y tecnología.”

Publicación trimestral que informa
sobre los últimos avances en
Ciencia y Tecnología realizados
en Colombia y el mundo.



Cupón de suscripción

FECHA DE SUSCRIPCIÓN

| | | |
|-----|-----|-----|
| DÍA | MES | AÑO |
|-----|-----|-----|

Suscripción anual para Bogotá \$45.000*. Precio número regular \$12.000. Precio edición especial \$15.000
Suscripción gratuita para asociados

NOMBRE

Suscripción por un año,
4 ejemplares,
a partir del número

DIRECCIÓN

TELÉFONO

FAX

CC & NIT

CIUDAD

CORREO ELECTRÓNICO

PROFESIÓN

ESPECIALIDAD

FORMA DE PAGO

Efectivo Tarjeta de crédito # Acepto renovación automática SI NO

Diners Visa MasterCard American Express

Vence Cuotas Números de Seguridad

Cheque Cheque # Banco

Consignación a nombre de <Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia> en:
Banco de Occidente, cuenta de ahorros No. 26880746-5. Banco Agrario, cuenta de ahorros No. 0230-002930-5.
Banco Popular, cuenta de ahorros No.160-203196.

Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax: **2216950** o por correo a la sede ACAC en Bogotá.

FIRMA



15 años

Tarifa postal reducida 2008-194



Colombia \$12.000