

Innovación) Ciencia

VOLUMEN XII, No. 3



**Desastres volcánicos
desde el espacio**



**Efectos de
los campos
electromagnéticos**

TARIFA ESTAL RECUBICIDA 769. COLOMBIA \$9.500



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

expociencia@acac.org.co



www.acac.org.co

DEJA TU HUELLA



IX EXPOCIENCIA
EXPOTECNOLOGÍA 2005

FISICAMENTE ACTIVA

BOGOTÁ **11** AL **22** DE OCTUBRE

Sumario

VOL. XII, No. 3



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

Junta Directiva ACAC

Eduardo Posada Flórez
Guillermo Hoyos V.
Carlos Corredor P.
Marcelo Riveros R.
Edgar Alberto Paéz
Rubén Ardila
Horacio Torres S.
Raúl Joya O.
Helena Groot
Walter Ocampo
Jairo Giraldo
CIDEIM - Francisco Miranda
MALOKA - Nohora Elizabeth
Hoyos
ACCEFYN - Moisés Wasserman

Presidente

Eduardo Posada Flórez

Directora Ejecutiva

Carmen H. Carvajal López

Editor

Mauricio Pérez Gil

Coordinación Editorial

Lorena Ruiz Serna

Comité Editorial

Carlos Corredor
Guillermo Hoyos
Moisés Wasserman
Horacio Torres
Luis Carlos Arboleda
Edgar Alberto Paéz

**Consejo Editorial
Internacional**

León Lederman
Isabel Llano
Rodolfo Llinás

**Producción Editorial y
Diseño**

Vesalius, Arte y Ciencia Ltda

**Asistente Coordinación
Editorial**

Yuliett Arias

Corrección de estilo

Marina García

Fotografía

Photodisc, ABC stock,
Imagebank

Impresión

Pansamericana Formas e
Impresos S.A.

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 publicidad 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. 789 de Adpostal. Vence Diciembre de 2005.

ACAC

Cra. 50 No. 27-70 Unidad
Camilo Torres Bloque C
Módulo 3

Teléfonos: 3150734 -
3155898 - 3155900
Fax: 2216950

Email:
innovacionyciencia@acac.org.co
Bogotá, D.C. - Colombia

Precio venta al público
\$ 9.500.
Suscripción (4 números al
Año): \$ 36.000



Portada.

Editorial

TLC, ciencia y tecnología.

7

Noticias

Entomología forense.

Nuevos enfoques para la biología dentro del contexto social.

William Usaquén Martínez.
Nidya Alexandra Segura Guerrero.

8

¿Existe realmente el décimo planeta? Los nuevos miembros de la familia.

Pablo A. Cuartas

12

Enseñar a escribir.

Diego Andrés Rosselli Cock.

16

Microarreglos de ADN.

**Conocer la función de los genes
a través de matrices miniatura de ADN.**
Mauricio Soto Suárez.

18



Vistazos

Descripción por micro tomografía de microfósiles de 400 años.

Los felinos no son capaces genéticamente de notar el sabor dulce.

Monitor de células CD4 para pacientes con VIH.

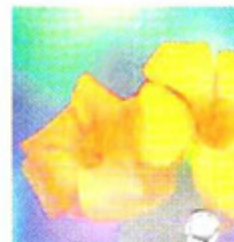
Descubren molécula para combatir hongos y bacterias.

Descubren cómo el cerebro fabrica la imagen de una flor.

En octubre, Marte y la Tierra tendrán nuevamente un encuentro cercano.

Aji Majiña, empresa fruto del Amazonas.

22



Vulcanología



Teleobservación de desastres volcánicos. La tragedia de Armero del 13 de noviembre de 1985 desde el espacio.

Henry Villegas.

El próximo 13 de noviembre de 2005 se cumplirán veinte años de la catástrofe de Armero, el cuarto peor desastre volcánico de la historia de la humanidad. Para el tiempo en que la tragedia sucedió, los estudios geológicos para la mitigación de la misma se efectuaron con fotografías aéreas. Se ha realizado el procesamiento digital de imágenes de satélite del área de la catástrofe.

38

Ingeniería

Efectos biológicos por exposición a campos electromagnéticos

Horacio Torres-Sánchez.

En la cotidianidad del ser humano moderno son familiares los hornos microondas, las máquinas eléctricas de afeitarse, los computadores, las antenas de telecomunicaciones, las torres de energía eléctrica, los televisores, los teléfonos celulares. Todos estos dispositivos radian energía electromagnética, un tipo de fuerza física que puede llegar a ser perjudicial para la salud humana. El estudio y los efectos de las radiaciones electromagnéticas han generado controversias internacionales por las posiciones y planteamientos encontrados dentro de la comunidad académica. Unos estiman que estas radiaciones tienen efectos negativos sobre el ser humano, mientras que otros niegan toda posibilidad. El tema por tratarse de salud pública, merece un debate con argumentos científicos.



48

Biología



Alcaloides ¿Dónde y cómo se producen en las plantas?

Pedro J. Rocha Salavarieta.

Las plantas producen compuestos con actividades biológicas altamente específicas que les permiten responder a las presiones del medio. Ejemplo de estas sustancias son los alcaloides. Algunos alcaloides son nocivos no sólo para sus predadores sino para la misma planta. Como un mecanismo para evadir los efectos de la toxicidad propia, las plantas almacenan estos compuestos tóxicos en diversos compartimentos celulares. En esta breve revisión, se presentan ejemplos de dónde y cómo se producen y almacenan algunos alcaloides en plantas.

56

Astronomía

Mujeres que han brillado en el firmamento de la astronomía.

Patricia Tovar.

Cuando se piensa en astronomía rara vez se piensa en mujeres. Curiosamente es dentro de este campo donde muchas han sobresalido a lo largo de la historia por sus contribuciones, con respecto a otras áreas de la ciencia. Sin embargo, son pocas las que son recordadas. Este ensayo es un homenaje a algunas de las mujeres que lograron trascender el paso del tiempo por dedicar sus vidas a observar la majestuosidad de la bóveda celeste apreciando el importante papel que ha jugado en la historia de la humanidad, añadiendo y acumulando conocimientos. Es también un intento de ver como ha sido la vida de estas astrónomas en diferentes épocas de la historia y cuáles han sido algunas de las contribuciones que les permitieron brillar en un firmamento por lo general reservado a los hombres.

62

ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

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 y breve además de significativo.
- Los términos técnicos deben ir seguidos de una definición sencilla en 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 ARDS (del inglés: *Adult Respiratory Distress Syndrome*)".
- 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 digital en diskette o CDrom, preferiblemente en formato Word.

MATERIAL GRAFICO

Es importante anexar la mayor cantidad posible de material gráfico acompañado de notas explicativas (pie de fotos) y sugerencias de ubicación dentro del texto. Este material puede incluir:

- Fotografías originales en papel fotográfico o diapositiva.
- Fotografías en versión digital de alta resolución (300 dpi) en formato tif, jpg o eps.
- Esquemas gráficos explicativos (versión impresa y/o digital).

- Tablas o recuadros sin demasiado texto o columnas.

El material fotográfico no debe ser tomado de libros o revistas 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

Para las referencias se usarán las siguientes normas:

a) *Artículo de revista científica:*

1. Lee, M.R.; Ho, D.D.; Gurney, M.E.: Functional interaction and partial homology between human immunodeficiency virus and neuroleukin. *Science* 237: 1047-1051, 1987.

b) *Artículo de libro:*

1. Day, R.A.: Cómo escribir y publicar trabajos científicos. Organización Panamericana de la Salud. Washington DC., p.242, 1990.

RESUMEN

Descripción breve (5 oraciones cortas) del tópico central del artículo, para su inclusión en la página de contenido de la edición.

IDENTIFICACION DEL AUTOR

Nombre y títulos,
Cargo actual,
Entidad,
Ciudad, país.
E-mail:
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.

TLC, ciencia y tecnología

Desde hace algún tiempo Colombia, acompañada de sus vecinos andinos, ha venido negociando los términos de un tratado de libre comercio con Estados Unidos, como lo hicieron hace unos años México, Canadá y Chile y, más recientemente, los países centroamericanos. El propósito de tal acuerdo es el de ampliar los mercados para los productos de la región, fortalecer al sector productivo y ofrecer en contraprestación, un espacio a la importación de productos agrícolas y de manufacturas de origen norteamericano.

Una propuesta de ese tipo puede parecer interesante a primera vista y ha entusiasmado a nuestros economistas ortodoxos y a algunos gremios. Sin embargo, es muy importante evaluar el impacto que los pactos han tenido en los países mencionados. En el caso mexicano, por ejemplo, el tratado no cumplió con uno de los objetivos importantes previstos, que era el de acelerar la modernización tecnológica de la industria y, en particular, de las micro y pequeñas empresas.

Es evidente que en el caso que nos ocupa actualmente, el TLC puede ser una excelente oportunidad para nuestro sector productivo, siempre y cuando pongamos en marcha un ambicioso plan de modernización tecnológica que lo haga realmente competitivo. Es desafortunado que el término "tecnológico" se asocie únicamente con informática, lo cual lleva a creer que para modernizar una empresa basta con comprarle algunos computadores y mejorar su gestión administrativa, y no con un profundo cambio cultural que tenga como eje central la innovación en todos los aspectos.

Si bien es cierto que la creatividad debe estar presente en los métodos administrativos, en la distribución y en el mercadeo, la mejora real de la competitividad requiere como factor esencial la innovación tecnológica en productos y procesos. Lo anterior lo han comprendido hace mucho tiempo los países avanzados que invierten enormes presupuestos en investigación y desarrollo, pero sigue siendo secundario en las preocupaciones de los países subdesarrollados.

A veces somos muy rápidos en decidir que ya es demasiado tarde para lanzarnos en un tema u otro. Hace 20 años, propusimos que se creara en el país una industria microelectrónica. La respuesta de nuestros expertos economistas fue que era absurdo pensar en competir en ese campo con los japoneses y los norteamericanos. Lo curioso es que en esa misma época en Taiwan unos empresarios visionarios, que no habían consultado con nuestros especialistas, se lanzaron en esa loca aventura con el resultado que llevó a que ese país sea hoy el primer productor mundial de memorias para computador. Lo peor del cuento es que en este momento la India se ha lanzado en el mismo tema, con la convicción de que todavía hay mucho espacio para competir.

El anterior es tan sólo un ejemplo entre muchos de nuestra falta de visión de largo plazo y, finalmente, de una mínima dosis de audacia. Nos acogemos fácilmente a ideas importadas sin tratar de desarrollar nuestros propios modelos, adaptados a nuestras características

particulares. La receta de moda es darle todo el énfasis al sector de servicios, sin pensar que el país puede y debe incursionar en la producción de bienes con un alto contenido tecnológico. Parece ser que el único recurso que nos queda es el de convertirnos en guías turísticos, por ahora para europeos y gringos y, dentro de poco tiempo, de hordas de asiáticos entusiastas.

El TLC puede ser una gran oportunidad para revivir el sector industrial del país, siempre y cuando entendamos que para ello se requiere modernizar tecnológicamente lo poco que hoy tenemos y promover la creación de nuevas empresas de alto contenido tecnológico, orientadas hacia sectores específicos, en los cuales la producción masiva no haga mella. Frutas y verduras exóticas, tanto frescas como procesadas, instrumentación electrónica, productos biotecnológicos con alto contenido de conocimiento, software especializado, materiales nanoestructurados, son algunas de las áreas en que podemos esperar incursionar con éxito, mientras comprendamos que eso requiere un fortalecimiento acelerado de nuestra capacidad de producción de conocimiento.

Es por eso indispensable que, paralelamente con el proceso de negociación del TLC, se generen en nuestro país políticas concretas de fomento a la investigación y desarrollo, que lleven a incrementar la inversión nacional en ese campo y que permitan consolidar la infraestructura con que ya contamos, representada en los Centros de Desarrollo Tecnológico, los Centros de Investigación, las Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica y los grupos de investigación de las Universidades.

De esa manera puede lograrse el doble propósito de modernizar el sector productivo actual para permitirle competir de manera eficiente en los mercados internacionales y el de apoyar la creación de nuevas empresas con mucho mayor contenido tecnológico que lideren una profunda reconversión industrial.

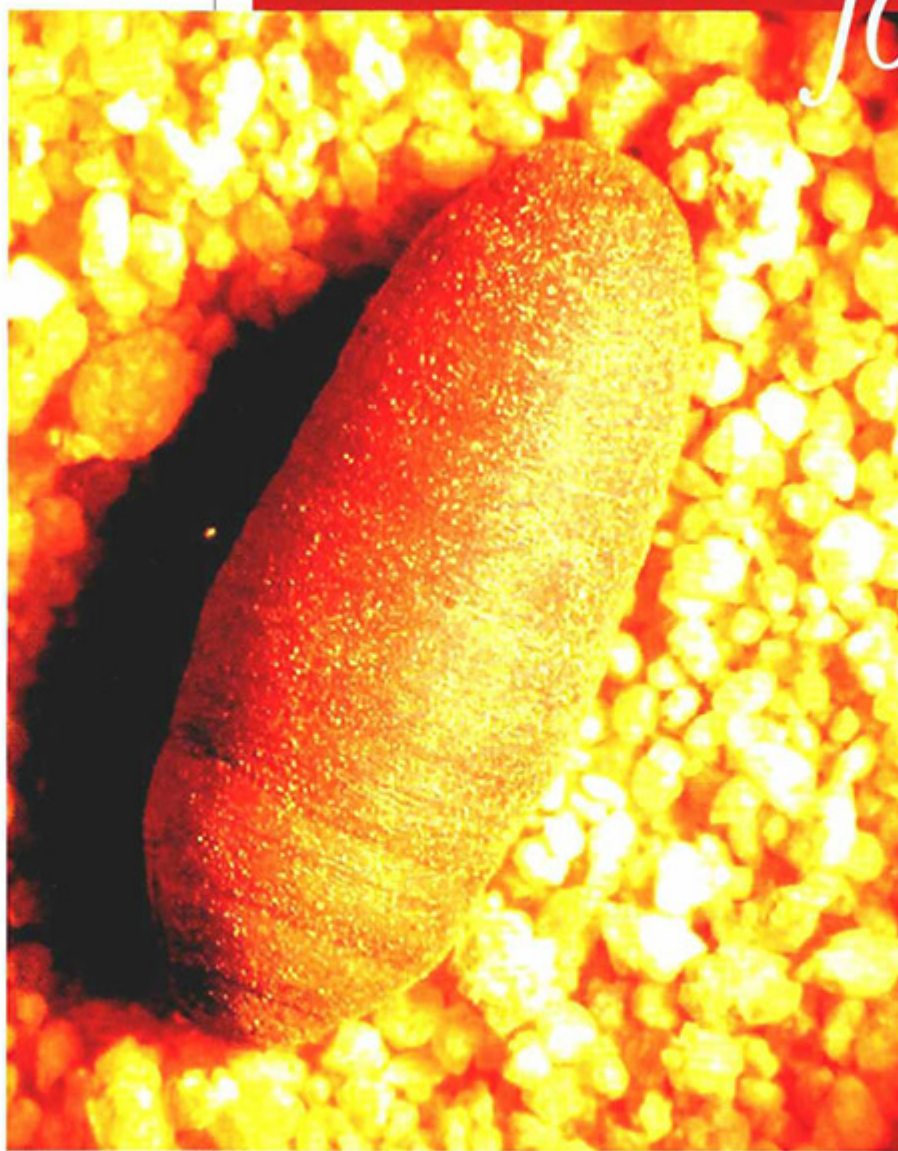
•••

Nuevamente ha empezado a surgir en el país el fantasma siniestro del hongo comedor de coca, que según pretendidos científicos norteamericanos, será la solución definitiva para el problema de la producción de droga en Colombia. Hasta donde sabemos ese microorganismo ha sido probado tan sólo en parcelas muy pequeñas situadas en ecosistemas muy diferentes de los nuestros, lo cual no permite de ninguna manera estar seguros de cuál será su comportamiento al aplicarlo en nuestro país. ¿Cómo sabemos entonces que el honguito una vez agotada la coca no va a atacar a otras plantas, a los microorganismos del suelo y aún a los seres humanos, con el tremendo daño que eso puede acarrear para una de las mayores biodiversidades del planeta?

EDUARDO POSADA FLÓREZ
Presidente

CARMEN HELENA CARVAJAL
Directora Ejecutiva

Entomología forense



William Usaquén Martínez

*Departamento de Biología,
Universidad Nacional
de Colombia.*

Bogotá, Colombia.

E-mail: wusaquenm@unal.edu.co

**Nidya Alexandra Segura
Guerrero**

*Departamento de Biología,
Universidad Nacional
de Colombia.*

Bogotá, Colombia.

*E-mail: alexasegu@hotmail.com
nasegurag@unal.edu.co*

*Nuevos enfoques para la biología
dentro del contexto social*

La investigación forense desde sus inicios ha estado inexorablemente unida a las ciencias naturales, especialmente a la física y la química, la biología fue entendida dentro de este contexto de manera más cercana al quehacer del laboratorio clínico. Sólo en la última década, algunas áreas de esta disciplina han pasado a un primer plano. Inicialmente, la genética forense conformada en esencia por cuatro disciplinas, a saber: bacteriología, medicina, microbiología y biología. Más recientemente surgen los laboratorios de entomología forense y se encuentran en franco desarrollo los laboratorios de microbiología y botánica forense.

La entomología forense tiene que ver con el uso de los artrópodos, especialmente insectos, en investigaciones medicolegales, los insectos son los primeros organismos en detectar y colonizar un cadáver, ya que poseen un par de antenas que funcionan como poderosos detectores de olores. Cuando una persona fallece se inicia la degradación de glúcidos, lípidos y proteínas que son atrayentes para los insectos; una vez detectado el cadáver se da inicio a la colonización, esta tiene lugar especialmente en zonas húmedas y oscuras del cuerpo (boca, nariz, oídos, ano) o en los orificios causados por armas corto punzantes o de fuego. Una vez las hembras depositan sus huevos en el cadáver, estos comienzan una metamorfosis completa pasando por los diferentes estados: huevo, larva de *instar* 1, 2 y 3, pupa y finalmente individuo adulto (todos de gran importancia para las investigaciones medicolegales). Esta información, junto con los estados de descomposición de un cuerpo, que en la mayoría de los casos son procesos claramente definidos (fresco, cromático, enfisematoso, colicuativo y esquelético), suele ser la primera información útil para el forense.

Los insectos son empleados principalmente para determinar el intervalo *postmortem* (IPM) que se define

como el lapso de tiempo entre la muerte y el hallazgo del cadáver. Para establecer el IPM utilizando los insectos existen dos métodos: el primero emplea la edad y tasa de crecimiento de las larvas de dípteros (curvas de crecimiento y desarrollo); el segundo utiliza la sucesión de insectos en el cadáver: dípteros y coleópteros, principalmente. De manera general, el primer método se emplea en las etapas tempranas de la descomposición, mientras que el segundo método se emplea en las etapas más avanzadas.

Como respuesta a la necesidad de tener un mayor número de herramientas en el momento de determinar el IPM, se han realizado a lo largo del país una serie de trabajos en entomología forense para establecer la sucesión de la entomofauna cadavérica en las diferentes condiciones medioambientales. En la sabana de Bogotá, se ha utilizado como biomodelo cerdo blanco (*Sus scrofa*). El cerdo suele sacrificarse *in situ* con proyectil de arma de fuego, posteriormente se inician los muestreos donde se recolectan artrópodos entre huevos, larvas, ninfas, pupas y adultos; las 5 familias de dípteros más abundantes corresponden a *Muscidae*, *Calliphoridae*, *Silphidae*, *Sepsidae* y *Sphaeroceridae*. El orden *Diptera* alcanza el máximo de actividad en los estados iniciales de descomposición y el orden *Coleoptera* en los procesos finales.

En particular y con los datos obtenidos de nuestro experimento, el grupo de Bogotá ha elaborado tablas de probabilidad para predecir la aparición de insectos a lo largo de cada uno de los días de muestreo. Además, se realizan curvas de crecimiento y desarrollo, ajustadas con modelos estadís-



ticos, en especial, para el estado larval de algunos grupos que tienen una mayor incidencia.

Al momento de finalizar este trabajo surgieron muchos interrogantes: uno de ellos fue determinar cómo diferentes condiciones ambientales pueden variar tanto la sucesión ecológica en duración, abundancia y especies colonizadoras. Como respuesta a esto nació la idea de realizar un segundo trabajo, en este también se empleó *Sus scrofa* como biomodelo, pero se sacrificaron dos animales, uno se ubicó en una zona soleada y el otro en una sombreada. Sobre una muestra de 4000 individuos adultos, la mayor parte de estos se han encontrado en el cerdo expuesto al sol; temperaturas bajas hacen que los procesos de colonización y

dos hígados que presentaban intoxicación exógena por cianuro y barbitúricos comparado cada uno de ellos con un hígado que no presentaba ningún tipo de intoxicación ni lesión hepática (hígado control), observando el efecto que producen dichas sustancias en el desarrollo de los insectos colonizadores.

Durante el ciclo de vida de los dípteros se acostumbra medir variables como: largo y ancho de los individuos, además de factores abióticos como temperatura ambiente, de la cámara de cría, larval y humedad relativa, con el fin de hacer curvas de crecimiento y desarrollo que permitan simular diferentes condiciones.

Los tóxicos afectaron el tiempo de colonización de los dípteros y el desarrollo normal de los individuos, estas alteraciones variaron las curvas de crecimiento y desarrollo, por lo tanto, cuando se observen anomalías en el crecimiento y desarrollo de insectos que se alimenten de un cuerpo en descomposición se debe sospechar la presencia de alguna

sustancia tóxica. Las curvas obtenidas de esta investigación sólo deben ser empleadas para casos donde se confirme intoxicación exógena por cianuro o barbitúricos.

La entomología forense es una disciplina nueva en Colombia. Existen estudios realizados por la doctora Marta Wolff en la Universidad de Antioquia que también ha colaborado activamente con el Instituto Nacional de Medicina Legal en la resolución de casos. En la Universidad del Valle, Luz Adriana Olaya realizó estudios de sucesión ecológica empleando cánidos. La Universidad del Rosario en Bogotá realiza un estudio para comparar las especies de insectos que se encuentran asociadas tanto en cadáveres humanos como en *Sus scrofa*, la Universidad Distrital ha realizado trabajos

descomposición se retarden y disminuye la cantidad de insectos. Por lo tanto, el tiempo requerido para degradar un cuerpo bajo estas condiciones será mayor comparado con temperaturas altas.

Una rama importante de la entomología forense es la entomotoxicología, que estudia el uso de los artrópodos como "métodos" alternativos en situaciones donde la toxicología tradicional no dispone de matrices biológicas para el análisis toxicológico de rutina. Hasta el momento se ha realizado un trabajo pionero en esta área, empleando



Larva.

Pupas.

El próximo paso será la introducción de herramientas moleculares, por ejemplo, el análisis por ADN mitocondrial.

de sucesión ecológica empleando cerdos con y sin ropa y en este momento realiza un estudio de sucesión ecológica en insectos acuáticos.

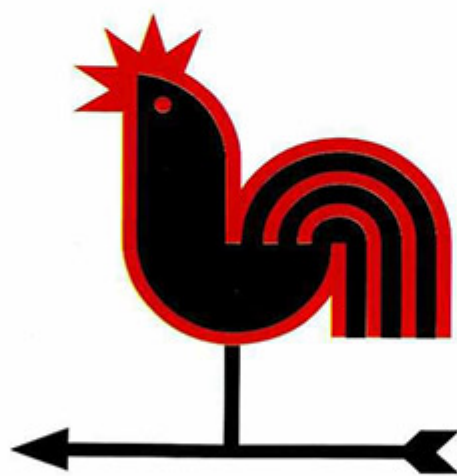
El próximo paso será la introducción de herramientas moleculares, por ejemplo, el análisis por ADN mitocondrial,

para la identificación taxonómica de especies de insectos asociadas a situaciones medicolegales, esto mejorará considerablemente la resolución de los procesos a la vez que incrementará el conocimiento taxonómico de estos grupos de insectos.

La entomología forense se caracteriza por la precisión en los experimentos que desarrolla y sus análisis, por la aplicación rigurosa de los conceptos biológicos, por

un cuidadoso trabajo interdisciplinario con médicos, antropólogos y demás forenses, muy diferente a lo que suele verse en programas policíacos o a la "teoría" impartida en institutos técnicos de dudosa calidad, tan de moda en este momento.

En la actualidad en Colombia trabajan tres grupos de investigación en esta área, grupos nacientes que presentan a la comunidad médico forense nuevas alternativas en investigación para un país con profundos problemas sociales que busca un mejor futuro y en el que todos debemos participar desde nuestra actividad diaria.



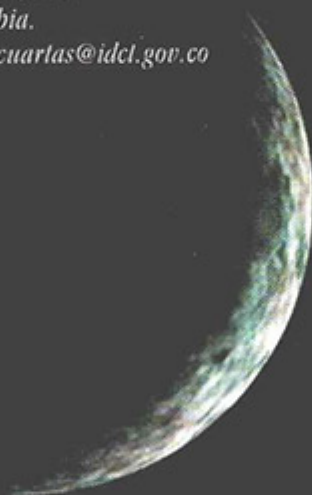
EL MUNDO EN BOGOTÁ 89.9 F.M. ESTEREO

Desde 1950 una emisora para la inmensa minoría

¿Existe realmente el décimo planeta?

Pablo A. Cuartas

*Astrónomo,
Planetario de Bogotá,
Bogotá, Colombia.
E-mail: pablo.cuartas@idc.gov.co*



*de imploré
una esfera. Tal caso,
ser capaz de inducir
sus razones
para explicar*

*el número
de planetas?
Esa preocupación
ya está resuelta..."*

*Johannes Kepler
Epítome de astronomía
copernicana, vol. 4 (1621).*

En los últimos tres años se han descubierto algunos cuerpos más allá de la órbita de Plutón, llamados cuerpos transneptunianos, en realidad no son planetas, son cuerpos del cinturón de Kuiper. Un grupo de investigación del Instituto Tecnológico de

California, dirigido por los Astrónomos Michael Brown, profesor de Astronomía Planetaria, Chadwick Trujillo del Observatorio Gemini en Hawái y David Rabinowitz de la Universidad de Yale, se han dedicado en los últimos años a escudriñar los confines de nuestro Sistema Solar en busca de nuevos cuerpos.

Un nuevo mundo congelado

En octubre de 2002, durante el 34º Encuentro Anual de la División de Ciencias Planetarias de la Sociedad Astronómica Americana, fue anunciado el descubrimiento del primero de estos objetos, llamado 2002 LM60, sus descubridores propusieron el nombre de Quaoar (se pronuncia kwa-whar) en honor al dios de la creación de los nativos Tongva norteamericanos, que habitaban el lugar en donde hoy en día se levanta el campus del Instituto Tecnológico de California (Caltech). Según la leyenda, Quaoar bajo de los cielos y después de ordenar el caos de la Tierra, colocó al mundo sobre la espalda de siete gigantes, entonces creó a los animales y después al hombre.

Este nuevo habitante del Sistema Solar se encuentra a unos 1.600 millones de kilómetros más allá de la órbita de Plutón. Fue observado por primera vez en junio de 2002 a través del telescopio Samuel Oschin de 48 pulgadas del Observatorio de Caltech en Palomar, cerca de San Diego en California, Estados Unidos. Apenas alcanzó una magnitud visual de 18,5, cruzándose entre las estrellas de la constelación de Ofiuco.

A pesar de ser relativamente brillante para encontrarse tan lejos, el telescopio de Palomar no alcanzó a tener una resolución suficiente para determinar muchas de sus características. Después de ser observado por la cámara avanzada para muestreo del telescopio espacial HUBBLE se encontró que su tamaño angular era de unas 40 milésimas de segundo de arco, lo que corresponde a un diámetro de unos 1.250 kilómetros, esto es apenas 350 kilómetros más grande que el asteroide más grande, Ceres, y un poco más de la mitad del tamaño de Plutón. Hasta ese instante se convertía en el cuerpo más grande encontrado en el Sistema Solar desde el descubrimiento de Plutón en 1930.

Quaoar es mayor en volumen que todos los asteroides conocidos combinados. Los investigadores han sospechado que debe estar compuesto de hielo de baja densidad combinado con roca, un poco diferente a la compo-

sición de los cometas; sin embargo, su masa es probablemente menor a la del cinturón de asteroides en conjunto.

Quaoar habita en el cinturón de Kuiper, un lugar congelado que se extiende 5.000 millones de kilómetros más allá de la órbita de Neptuno. Es parecido al cinturón de asteroides, pero contiene al menos 100 veces más material. Durante la década de los noventa fueron descubiertos al menos 600 cuerpos congelados en el cinturón de Kuiper (KBO's por sus siglas en inglés), la mayoría de ellos son significativamente más pequeños que Plutón, en promedio son objetos de unos 100 kilómetros de diámetro. El record previo lo tenían un cuerpo llamado Varuna y un objeto denominado 2002 AW197, cada uno de unos 900 kilómetros de diámetro. Su tamaño fue calculado haciendo mediciones de su reflectividad o albedo, que es la capacidad de un cuerpo para reflejar la luz. Después del anuncio de la

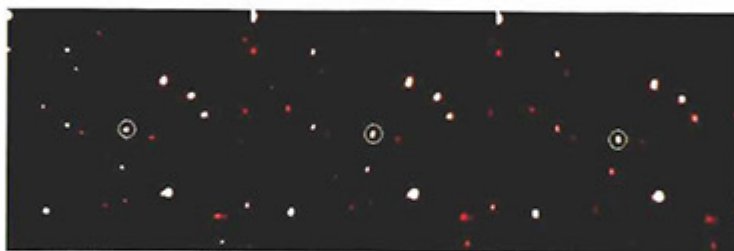


Figura 1. El nuevo planeta, marcado con el círculo blanco, se mueve a través de un campo de estrellas el 21 de octubre de 2003. Las tres fotografías fueron captadas con una diferencia de casi 90 minutos. (Imagen: Telescopio Samuel Oschin, Observatorio Palomar).

existencia de Quaoar, Michael Brown pronosticó el descubrimiento de cuerpos mayores, casi un año más tarde esto se haría realidad.

El misterioso Sedna

El 14 de noviembre de 2003 fue observado un nuevo objeto tipo planeta más lejano aun que Quaoar –“El Sol aparece tan pequeño desde esa distancia que podría ocultarse por completo tras la cabeza de un alfiler”– fueron las palabras de Michel Brown al referirse a su nuevo descubrimiento anunciado el 15 de marzo de 2004 y que fue catalogado como 2003 VB12. Fue llamado Sedna en honor a la diosa Inuit de los océanos, se encuentra a 13.000 millones de kilómetros del Sol, casi tres veces más lejano que Plutón. Se calcula que Sedna tiene aproximadamente tres cuartas partes del tamaño de Plutón, unos 1.600 kilómetros de diámetro. Otra característica notable

del lejano cuerpo es su color rojizo, después de Marte, Sedna es el objeto más rojo del Sistema Solar.

La observación de Sedna, en noviembre de 2003, se convirtió probablemente en el primer descubrimiento de un objeto cercano a la nube de Oort, el lugar desde donde se desprenden los cometas en su caída hacia el Sol. Fue observado con el mismo telescopio utilizado en el descubrimiento de Quaoar, en Palomar. Pocos días después telescopios de

distancia, Sedna se alejará del Sol a 130 mil millones de kilómetros, esto es 867 veces la distancia a la que se encuentra la Tierra.

Existe la probabilidad de que Sedna posea una luna, pero aunque se ha utilizado el telescopio espacial HUBBLE para su búsqueda, aun no se ha determinado si el pequeño y misterioso cuerpo viaja acompañado. Sedna se acercará a la Tierra en los próximos años, pero aun en su máximo acercamiento, dentro de unos 72 años, estará muy lejos. Después comenzará su viaje de regreso de 10.500 años hacia los confines del Sistema Solar. La última vez que Sedna estuvo de visita tan cerca del Sol, la Tierra estaba saliendo de su última era glacial.



Figura 2.
Ubicación del
Sedna.

Chile, España, Arizona y Hawai fueron ubicados en la misma dirección con el propósito de tomar las primeras imágenes del nuevo miembro de la familia solar. También el telescopio espacial SPITZER de la NASA se dedicó a la búsqueda y el análisis del nuevo compañero.

Sedna se encuentra extremadamente alejado del Sol, en la región más fría de nuestro sistema solar donde las temperaturas nunca suben más allá de 240°C bajo cero. El planetóide es aún más frío porque sólo se acerca brevemente al sol durante su órbita de 10.500 años. Se encuentra tan lejos que aun el telescopio espacial SPITZER fue incapaz de detectar el calor reflejado de su superficie.

La órbita elíptica de Sedna no se parece a las órbitas ordinarias de los planetas, se asemeja más bien a las órbitas muy excéntricas previstas para los cuerpos de la nube de Oort, aunque en realidad se encuentra diez veces más cerca que la distancia a la que los astrónomos creen que se inicia el hogar de los cometas más lejanos. En su máxima

El último descubrimiento

El pasado 22 de julio, el equipo de astrónomos liderado por los profesores Brown y Trujillo anunciaron su nuevo descubrimiento. El nuevo cuerpo, que todavía no ha recibido un nombre oficial, fue descubierto utilizando nuevamente el telescopio de Palomar. Había sido observado por primera vez el 31 de octubre de 2003. Sin embargo, el objeto está tan distante que su movimiento con respecto a las estrellas fijas no fue detectado sino hasta enero de este año. Durante los últimos siete meses los científicos no han dejado de seguirle el rastro para lograr determinar su tamaño, las características de su movimiento y su periodo orbital. El objeto apenas alcanza una magnitud 19 y ha sido observado cerca de la constelación de la Ballena.

El nuevo cuerpo denominado 2003 UB313 se encuentra a 97 unidades astronómicas del Sol, (UA: una unidad astronómica es la distancia de la Tierra al Sol), lo que equivale a 14.550 millones de kilómetros. Si comparamos, Plutón se encuentra a 40 UA, unos 6.000 millones de kilómetros. El cuerpo parece ser un objeto típico del cinturón de Kuiper, solo que más grande. El equipo de astrónomos ha dicho que se trata de un cuerpo más grande que Plutón, probablemente 1,5 veces, lo que equivale a un diámetro de unos 3.600 kilómetros, tan grande como nuestra Luna.

¿Cómo se define un planeta?

Estrictamente hablando, no existe una definición científica para lo que es un "planeta". Es extraño que los científicos todavía discutan acerca de una palabra tan común, que a todos nos enseñan en la escuela y que todo niño conoce. Debemos tener en cuenta entonces lo que históricamente se ha considerado como un planeta y lo que significa ser un planeta desde el punto de vista científico.

Podríamos decir que se tienen tres conceptos diferentes sobre lo que es un planeta:

1. Históricamente tan solo Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón son planetas. Pero, no es tan sencillo si lo pensamos desde el punto de vista científico: ¿qué sucedería si se descubre un cuerpo más grande que Plutón? (parece ser que 2003 UB313 lo es), entonces tendríamos que redefinir el concepto de planeta. Los astrónomos se preguntan entonces ¿por qué un cuerpo como Sedna, con tres cuartas partes del tamaño de Plutón, no es un planeta?

2. Se podría decir que todo cuerpo que está atado gravitacionalmente al Sol es un planeta. Esta definición es radicalmente diferente, es estrictamente científica, considera sencillamente el efecto gravitacional que ejerce el Sol sobre los cuerpos que lo orbitan. Pero, aparecen entonces otras consideraciones: ¿los asteroides serían también planetas? ¿cualquier cuerpo en órbita alrededor del Sol, sin importar su tamaño, sería un planeta? Cuando fue descubierto Ceres, el asteroide más grande del Sistema Solar, fue considerado un planeta, pero no porque se encontrara en órbita alrededor del Sol, sino porque era el único cuerpo conocido entre las órbitas de Marte y Júpiter. Cuando se encontraron otros asteroides, se decidió llamarlos a todos el "cinturón de asteroides". Actualmente, estos cuerpos menores que orbitan al Sol reciben el nombre de planetoides.

3. Si se hace una clasificación teniendo en cuenta la población de objetos de cada región del Sistema Solar, se pueden diferenciar los cuerpos que pertenecen a una población y los cuerpos que realizan su viaje en solitario. Un ejemplo claro de una población es el cinturón de asteroides, se pueden clasificar

dentro de la misma familia debido a que el rango entre sus tamaños va desde Ceres, el más grande con 946 kilómetros de diámetro, pasando por Pallas con 583 kilómetros, Vesta con 555 kilómetros e Hygiea con 443 kilómetros, hasta asteroides de unos cuantos kilómetros de diámetro como Eros con 20 kilómetros, acompañados de un millar de pequeñas rocas. La escala de tamaños entre los asteroides va disminuyendo en un factor que nunca es mayor que dos. Por el contrario, la Tierra tiene un diámetro de 12.756 kilómetros, mientras que el objeto más grande en su vecindad es el asteroide Ganymed con 41 kilómetros (el factor entre los tamaños es de 311).

Es claro que Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno se pueden contar como cuerpos solitarios de acuerdo con esta definición. Plutón, Quaoar y Sedna no entran en la clasificación. Si tenemos en cuenta la definición de pertenencia a un grupo, es claro que Plutón es un cuerpo del cinturón de Kuiper, ya que existen cuerpos en su vecindad de tamaños similares: Quaoar, 2004 DW, Varuna y muchos otros más pequeños.

¿Qué sucede con Sedna? Sedna es el único objeto conocido en su vecindad orbital, pero se sospecha que deben existir muchos otros objetos de tamaño similar en sus alrededores. Podemos suponer entonces que Sedna hace parte de una población mayor, perteneciente a lo que los astrónomos han llamado la nube interior de Oort.

Esta clasificación claramente distingue una población de otra: cinturón de asteroides, cinturón de Kuiper, nube interior de Oort, nube de Oort y objetos solitarios. De esta forma, parece quedar claro cuál es el estatus de un planeta, y, al parecer, Plutón perdería su lugar histórico dentro del grupo de los nueve. El debate sigue abierto, o nos acostumbramos a tener un Sistema Solar con ocho planetas principales y diferentes poblaciones, o nos veremos en la necesidad de aumentar el número de miembros de la familia cada vez que los doctores Brown, Trujillo y Rabinowitz anuncien un nuevo descubrimiento.

Referencias

- <http://www.gps.caltech.edu/~mbrown/sedna/>
- <http://www.gps.caltech.edu/~cbad/quaoar/>
- <http://ciencia.msfc.nasa.gov/>

Enseñar a escribir

Diego Andrés Rosselli Cock

Médico neurólogo.

Profesor universitario.

Bogotá, Colombia.

E-mail: rosselli@cable.net.co



La Ciencia –así con mayúscula– es, sin lugar a dudas, la empresa colectiva más importante de la humanidad. Las razones para que Colombia se haya mantenido al margen de esta empresa son muchas. Podemos agregar una: la incapacidad que tenemos los colombianos para escribir.

Es importante recordar que esa construcción colectiva que llamamos ciencia está conformada por una acumulación progresiva del saber, que se expresa a través de las publicaciones científicas. En América Latina no es raro que un “científico” enseñe ciencia, dicte conferencias sobre temas científicos, incluso haga investigación de aceptable calidad, pero no dé ese paso final y definitivo en el quehacer de la ciencia: la publicación en una revista reconocida. La única manera de hacer contribuciones significativas al conocimiento científico es a través de las publicaciones en revistas arbitra-

das e indexadas. Es cierto que la divulgación de la ciencia tiene un papel, así como que los “documentos grises” en donde quedan consignados los resultados de tantas investigaciones que financia el Estado cumplen a veces la función de ayudar a solucionar un problema puntual, pero, contribución a la ciencia: ninguna.

Al reflexionar sobre cuáles son las causas de la muy reducida producción científica colombiana (marginal incluso en el contexto latinoamericano) surgen varias explicaciones. A diferencia de las instituciones educativas anglosajonas, las nuestras hacen poco énfasis en la redacción; los exámenes de selección múltiple han desplazado a los de pregunta abierta, y los *papers* o trabajos escritos son inusuales (y hoy en día dominados por el “corte y pegue” que tanto nos facilita el internet). Los estudiantes, que finalmente terminan escribiendo algo –una tesis o trabajo de grado–

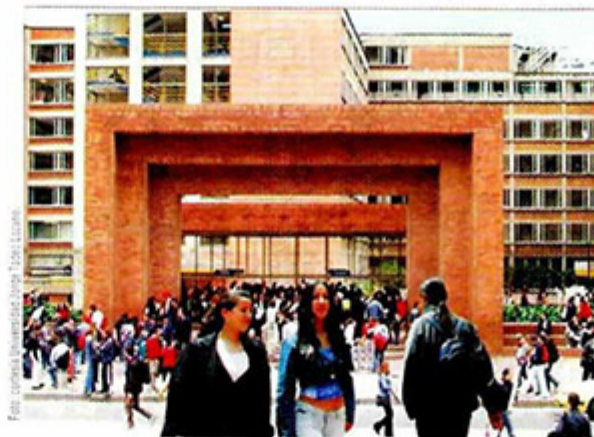
se deben ajustar a unos formatos en gran medida anacrónicos como los del Icontec que, poco o nada, tienen que ver con los requisitos que exigen las revistas científicas.

El sistema de evaluación de trabajos por pares académicos – que es la norma internacional para toda revista científica– tampoco parece diseñado para operar en Colombia. Los pares anónimos muchas veces no conocen las reglas y se dejan llevar por la oportunidad que les provee el amparo en el anonimato. Al otro lado del proceso, los profesionales nuestros no están formados para aceptar la crítica, un elemento inherente al desarrollo de la ciencia.

Hay que admitir que las universidades colombianas han estado haciendo un esfuerzo importante por mejorar la capacidad investigativa de su personal docente, pero no basta con enseñar metodología de la investigación. Cada universidad debería diseñar un programa de estímulo a las publicaciones.¹ No es conveniente lo que hacen muchas instituciones educativas en Colombia que, para tratar de incentivar su producción intelectual y mostrar lo que sus docentes y estudiantes producen, buscan editar su propia revista. Eso ha llevado, en las últimas tres o cuatro décadas, a la creación de más de 200 revistas, tan sólo en las disciplinas de la salud, la gran mayoría de ellas con poca continuidad y, como regla general, con contenidos de baja calidad. Lo que hay que hacer es apoyar a los estudiantes y a los docentes para que publiquen en revistas que ya tienen trayectoria e incluso hacer el esfuerzo por ubicar sus publicaciones en las revistas internacionales indexadas.

Un programa universitario de estímulo a las publicaciones empezaría por fijar metas realistas, acordes con la capacidad de su cuerpo docente y estudiantil. Es necesario trabajar en la capacidad de redacción y de síntesis, pero también en la de búsqueda y análisis de la literatura científica (que nunca había estado tan cerca de nuestro alcance como hoy). La redacción científica exige claridad, organización y concisión. Hay que desaprender a escribir con esos adornos, perífrasis, metáforas y lenguaje abstruso (como éste) que nos inculcaron en las clases de castellano en el colegio.

Un programa universitario de estímulo a las publicaciones empezaría por fijar metas realistas, acordes con la capacidad de su cuerpo docente y estudiantil.



También hay que trabajar en la ética de las publicaciones. Eso incluye las normas de autoría, así como el uso adecuado de las ideas ajenas:

cuándo y cómo referenciarlas. Se requiere que los científicos en potencia conozcan el mundo editorial y sus complicadas reglas (el poder a veces despótico de los editores, el proceso de la revisión por pares, la importancia del “factor de impacto”, la alta tasa de rechazo, etc.). Seleccionar la revista apropiada es todo un arte; hay literalmente miles y miles de opciones para escoger, pero unas normas sencillas nos pueden orientar en el proceso, y así evitar que todos aprendamos a punta de errores.² Finalmente, la estructura de un artículo científico sigue unos esquemas relativamente rígidos que es obligatorio conocer. El autor potencial debe adaptarse al estilo de la publicación y no pretender que la revista científica se adapte a su estilo.

Hay formas relativamente sencillas para iniciarse en el mundo de las publicaciones científicas, simultáneamente, o incluso antes de aprender las complicadas metodologías de la investigación propias de cada disciplina científica. La cartas al editor, los informes breves, las notas históricas o la presentación de casos³ no suelen requerir complejos y costosos protocolos de investigación, pero sí sirven para enfrentar al autor novato con el mundo de las búsquedas bibliográficas, los índices internacionales y, en general, el mundo editorial científico.

Ya las universidades colombianas han hecho su inversión en equipos, redes y laboratorios; ya han formado sus docentes en investigación y han sembrado y cultivado sus semilleros de investigación. ¿Qué les falta? Ponerlos a escribir.

Referencias:

1. Marusic A, Marusic M.: *Teaching students how to read and write science: a mandatory course on scientific research and communication in medicine. Academic Medicine, 78(12):1235-9. 2003.*
2. Frank E.: *Authors' criteria for selecting journals. JAMA, 272(2):163-4. 1994.*
3. Rosselli D, Otero A.: *The case report is far from dead. Lancet, 359(9300):84. 2002.*

Mauricio Soto Suárez

*Biólogo,
Universidad Nacional,
Asistente de Investigación (CIAT),
Bogotá, Colombia.
E-mail: maosoto80@hotmail.com*

La información genética que determina cada una de las características y los procesos de la vida de un organismo fluye a través de dos moléculas básicas, los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y las proteínas (figura D). La información contenida en el ADN se encuentra almacenada en fragmentos parti-

culares llamados genes, esta información se copia a ARN mensajero (ARNm) a través de la transcripción y de allí es transferida a moléculas efectoras llamadas proteínas mediante la traducción. Cada proteína es producida por un gen específico. La transferencia de información que termina en la síntesis de proteínas es la manera como los genes controlan las funciones de las células, tejidos y órganos. Las proteínas son las estructuras principales de casi todos los componentes celulares y llevan a cabo la mayoría de las reacciones químicas que se producen en la materia viva.

Para cada característica o proceso particular de un tejido son activados genes específicos, por ejemplo, pueden ser activados genes que actúan durante los diferentes estados del desarrollo en una planta como: germinación, crecimiento o floración. Genes que responden a estímulos ambientales como calor o frío, o ser activados genes que responden en contra del ataque de un patógeno. Identificar los genes que gobiernan la amplia y variada diversidad metabólica en plantas es clave para definir

cómo efectuar mejoramientos en la productividad y utilidad de los cultivos.

Para poder conocer las bases moleculares de los procesos de importancia biológica es necesario acercarse a los genes, la forma más conocida de este acercamiento

Conocer la función de los genes a través de matrices miniatura de ADN



Microarreglos de

ADN

consiste en la secuenciación del ADN y la identificación de los fragmentos que corresponden a los genes. Grandes proyectos de secuenciación de genomas se han emprendido en la última década (el término genoma hace referencia a toda la información genética almacenada en el ADN). Actualmente, más de 90 genomas de procariotas han sido completamente secuenciados y cerca de 200 están ahora en curso. También genomas de eucariotas como *Saccharomyces cerevisiae* (levadura), *Arabidopsis thaliana* (organismo modelo en plantas), *Oryza sativa* (arroz), *Drosophila melanogaster* (la mosca de la fruta) y *Homo sapiens* (humano), entre otros, han sido secuenciados. Otra forma de acercarse a los genes es a través de sus productos. Por ejemplo, los ARNm que, como se mencionó, son una copia expresada de los genes. En la práctica lo que se hace es tomar el ARNm y se regresa al ADN usando una enzima llamada transcriptasa reversa, el nuevo ADN obtenido es llamado ADNc por ser complementario al ARNm del que se originó (figura 1). Este ADNc es secuenciado y de esa forma se conoce indirectamente el gen que ha sido expresado en una condición dada. En la actualidad se han secuenciado millones de ADNc de un gran número de especies de animales y plantas que representan genes expresados.

Está bien entendido que miles de genes en un organismo dado se interrelacionan y funcionan de una manera bastante compleja y orquestada. Sin embargo, en años anteriores los análisis de expresión se centraban en el estudio de uno o pocos genes en un solo experimento, lo cual significa que la obtención y comprensión de una imagen amplia del funcionamiento génico era limitada. La abrumadora cantidad de información de secuencia disponible ha establecido las bases para realizar aproximaciones a la expresión de los genes en una escala global, de manera que puede tenerse una imagen de la interacción o acción simultánea de un gran número de genes en un solo experimento. El objetivo es construir el puente conector entre la gran cantidad de información de secuencia y la información funcional contenida en el genoma. La pregunta que los científicos bus-

can responder es: ¿Cómo todos los genes de un organismo actúan en un determinado proceso o responden a ciertos estímulos?

La gran revolución en el estudio de los genes de un organismo desde un punto de vista amplio ha sido dada por la reciente tecnología de microarreglos de ADN. Esta tecnología ha surgido como una continuación de la secuenciación de genomas y permite realizar análisis globales de los patrones de expresión de cientos o miles de genes en un solo experimento.

Construcción de microarreglos de ADN

Aunque la tecnología de microarreglos de ADN puede ser usada en una gran variedad de estudios sobre el genoma, el mayor uso hasta la fecha ha sido en el análisis de la expresión génica. Han sido desarrollados dos tipos de microarreglos, a saber: 1) basado en oligonucleótidos y 2) basado en fragmentos de ADN. En el primer caso, se sintetizan pequeños fragmentos de ADN (hasta de 25 nucleótidos) sobre unas pequeñas láminas de vidrio aplicando varias estrategias de química combinatoria y fotolitografía. En este escrito se hará referencia al segundo tipo de microarreglos en el que un robot construye una matriz sobre una lámina de vidrio con fragmentos de ADN o ADNc que han sido amplificados usando la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (en inglés, PCR), cada elemento del arreglo corresponde a un único gen (figura 2A). Pueden organizarse en un microarreglo hasta 20.000 genes en un área de 3,24 cm². El robot encargado de construir la matriz miniatura de ADN se muestra en la figura 3.

Una vez organizados los fragmentos de ADN en la matriz, son hibridados con dos poblaciones de ADNc derivados de dos muestras de ARNm diferentes: la muestra control y el tratamiento. En el proceso de transcripción reversa para la síntesis de ADNc se introducen dos tipos de nucleótidos fluorescentes, uno con fluorescencia verde (Cy-3) y otro con fluorescencia roja (Cy-5), con el fin de marcar diferencialmente cada población (figura 2B). Luego, la ma-

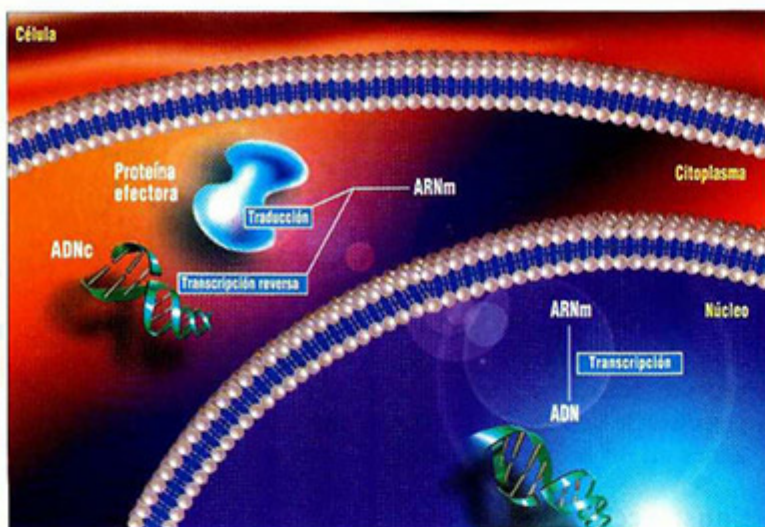


Figura 1. Flujo de la información genética. La información contenida en el ADN a manera de genes se copia en moléculas de ARNm en el proceso llamado transcripción, luego, a través de la traducción se generan las proteínas. La actividad final de una proteína particular está determinada por el gen que la codifica.

triz del microarreglo es excitada con luz y la fluorescencia emitida es convertida en una imagen digital para cada fluorocromo (figura 2C). Al unir estas dos imágenes se obtienen tres tipos de señales diferentes: amarilla, verde y roja. Los elementos del microarreglo que presentan fluorescencia amarilla indican que las dos señales (verde y roja) han tenido intensidades similares, es decir, que los genes fueron expresados en iguales niveles en las dos poblaciones de ADNc. Los elementos con fluorescencia roja indican que los genes de la población marcada con Cy-5 presentaron mayores niveles de expresión, y en los elementos con fluorescencia verde la población marcada con Cy-3 presenta los mayores niveles. Un programa de computador asigna valores

cuantitativos a las señales de fluorescencia asociadas con cada elemento del microarreglo que indican su intensidad y dan un estimativo de la abundancia del ADNc en la muestra correspondiente, es decir, de los niveles de expresión del gen que este ADNc representa. Con estos valores de intensidad se llevan a cabo análisis para identificar los genes (y sus niveles de expresión) que han sido expresados en cada una de las muestras, control y tratamiento. En el ejemplo mostrado en la figura 2, podrían reconocerse los genes que se expresan en la respuesta de defensa al ataque del patógeno en la planta enferma por comparación con la planta sana.

Usando microarreglos pueden estudiarse gran número de procesos y condiciones en un organismo. En plantas, se han comparado las diferencias en la expresión de genes entre plantas sanas y plantas atacadas por patógenos, entre los diferentes órganos (por ejemplo, se comparan las diferencias en los niveles de expresión entre hojas y tallos). Se han buscado los genes que responden a sequía, frío, hormonas, herbicidas y otros agroquímicos, o aquellos que responden a variaciones en las condiciones salinas, fotoperíodo y otras variaciones ambientales. En animales y humanos, los mayores esfuerzos están dirigidos hacia la caracterización molecular de las enferme-

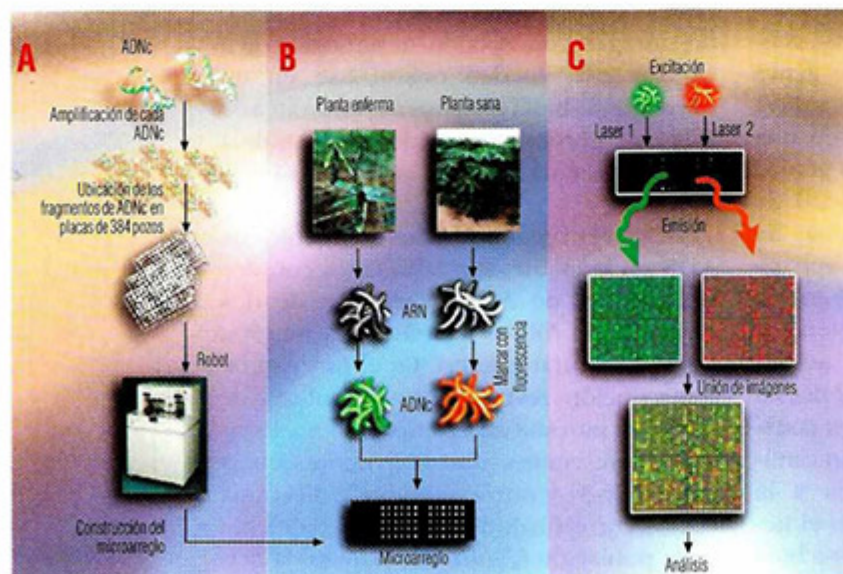


Figura 2. (A) Los fragmentos de ADNc amplificados que representan genes expresados son colocados en una lámina de vidrio por medio de un robot. (B) Una vez construido el microarreglo es hibridado con dos poblaciones de ADNc (Tratamiento y Control) marcadas diferencialmente con fluorocromos Cy3 (fluorescencia Verde) y Cy5 (fluorescencia Roja). (C) El microarreglo hibridado es escaneado, se obtienen imágenes en cada color (verde y rojo) y valores cuantitativos de las señales, las imágenes se unen dando una pseudo-imagen en tres colores (rojo, verde, amarillo), los elementos del arreglo en rojo indican genes expresados sólo en la planta control, los que aparecen en verde indican genes expresados en la planta tratamiento, y los amarillos muestran genes expresados en ambas condiciones. Sobre estas imágenes y los valores de señal se realiza el análisis estadístico. (Imágenes en C son cortesía de Diana Bernal, proyecto apomixis-Brachiaria, CIAT).

dades. Una amplia variedad de enfermedades virales y bacterianas se han estudiado, por ejemplo, han sido identificados cambios en la expresión de genes que responden al ataque del virus del SIDA. También se han identificado genes asociados a enfermedades como la fibrosis quística (una enfermedad que ataca cerca de cien mil personas en Estados Unidos) y el cáncer.

La biología de las plantas está siendo revolucionada a través de la enorme cantidad de datos producidos por los estudios de expresión de genes en todo el mundo. Aunque el acceso a la tecnología está limitado básicamente a dos centros de investigación en el país, se espera que en un futuro cercano el uso de los microarreglos sea masivo con miras a encontrar soluciones a los problemas que aquejan los cultivos de interés. En el campo de la medicina, los microarreglos están proporcionando grandes beneficios en los niveles de diagnóstico, tratamiento y descubrimiento de nuevas drogas.

La tecnología de microarreglos de ADN ha sido una excelente herramienta para identificar genes relacionados con las respuestas de defensa contra enfermedades en plantas modelo y cultivos de importancia en países desarrollados. En Colombia, esta tecnología podría ser aplicada en el estudio de la interacción planta-patógeno en diversos cultivos de importancia económica (café, arroz, papa, tomate, entre otros). En una investigación reciente hecha en Colombia, fueron utilizados los microarreglos para avanzar en el conocimiento de las respuestas de defensa en el cultivo de la yuca, estudiando el caso particular del añublo bacteriano causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. Los resultados de esta investigación muestran la presencia de genes que han sido identificados en estudios previos como asociados a las respuestas contra estrés biótico, entre ellos, genes relacionados con patogenicidad (genes PR), genes involucrados en vías de señalización, transcripción y traducción, modificación de pared celular, estrés oxidativo y respuesta hipersensible (una muerte celular programada de las células vegetales localizada en el sitio de la infección para impedir la dispersión del patógeno). Este es un ejemplo



Figura 3. Fabricación de microarreglos de ADNc por el robot. (A) utilizando una cabeza armada con puntas ultra-finas, el robot imprime cada muestra con fragmentos de ADNc sobre pequeñas láminas de vidrio transfiriéndolos desde una placa de 384 pozos. (B) Detalle de las puntas ultra-finas acercándose a la placa para tomar la muestra de ADNc, cada punta se introduce en un pozo y extrae la muestra en el orden de nanolitros para imprimirla luego en las láminas de vidrio. (Fotos Unidad de Biotecnología, CIAT).

práctico del alto potencial que tiene la aplicación de estas tecnologías en el estudio de características y procesos de interés en los cultivos colombianos.

En conclusión, La utilización de microarreglos de ADN en agricultura, medicina y ciencia básica ha abierto las puertas para conocer la función de los genes a la escala genómica. La identificación de nuevas funciones de miles de genes se realiza ahora con abrumadora velocidad, en consecuencia, se espera que en el futuro cercano el acceso a toda esta gran cantidad de información contribuya en el estudio de las complejas interacciones ecológicas que se presentan en los cultivos económicamente importantes en Colombia y de las enfermedades que aquejan a su población.

Bibliografía

- Abaroni, A.; Vost, O.: DNA microarrays for functional plant genomics. *Plant Molecular Biology*. 48: 99-118; 2001.
- Cicala, C.; Arbos, J.; Selig, S.; Dennis, G.; Hosack, D.; Van Ryk, D.; Spangler, M.; Steenbeke, T.; Kharzani, P.; Gupta, N.; Yang, J.; Daucher, M.; Lempicki, R.; Fucci, A.: HIV envelope induces a cascade of cell signals in non-proliferating target cells that favor virus replication. *Proceedings of the National Academy of Science USA*. 99(14):9380-9385; 2002.
- Dorson, J.; Fang, Y.; Espiritu-Santo, G.; Xing, W.; Salazar, A.; Miyamoto, S.; Armendarez, V.; Volkman, Wayne.: Comprehensive gene expression analysis by transcript profiling. *Plant Molecular Biology*. 48: 75-97; 2002.
- Keboe, D.: DNA microarrays for studies of higher plants and other photosynthetic organisms. *Trends in Plant Science*. 4(1): 38-41; 1999.
- Mele, G.; Hake, S.: Expression profiling of plant development. *Genome Biology*. 4(5): 215.1-215.3; 2001.
- Simon, R.; Mirlacher, M.; Sauter, G.: Tissue microarrays in cancer diagnosis. *Expert Reviews in Molecular Diagnosis*. 3(4): 421-430; 2003.
- Soto, M.: Herramientas de genómica funcional: análisis de ESTs, librerías sustractivas y microarreglos de ADN para avanzar en el conocimiento de las respuestas de defensa de la yuca a la infección por *xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. Bogotá, 2003. Trabajo de grado en Biología. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología.
- Wan, J.; Dunning, M.; Bent, A.: Probing plant-pathogen interactions and downstream defense signaling using DNA microarrays. *Functional Integrated Genomics*. 2: 259-273; 2002.

Descripción por micro tomografía de microfósiles de 400 años

El ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) viaja al corazón de microfósiles de 400 millones de años

Científicos de la Universidad de Montpellier II (Francia), el Instituto de Geología de China y el ESRF han conseguido identificar fósiles enigmáticos del período devoniano (hace unos 400 millones de años) como la fructificación del alga carofita. Las carofitas son plantas continentales de agua dulce que aún existen hoy en día.

Gracias a este descubrimiento, los investigadores pueden entender mejor la evolución de estas plantas del Paleozoico, así como los aspectos climatológicos de este período. El uso del haz de rayos X para llevar a cabo experimentos en micro tomografía de gran resolución en el ESRF ha sido una pieza clave en el estudio de la estructura interna de estos fósiles. Los resultados de esta investigación acaban de ser publicados en la revista *American Journal of Botany* con el título "New insights into Paleozoic charophyte morphology and phylogeny".

Estos fósiles pertenecen al enigmático grupo de *Sycidiales*. Desde su descubrimiento, en 1934, nadie sabía qué eran. Habían sido identificados como semillas de helecho, corales o incluso huevos de crustáceos. Gracias a la técnica de micro tomografía de alta resolución en la línea ID19 del ESRF, un equipo de científicos consiguieron investigar la estructura tridimensional de estos fósiles. Las muestras que usaron tenían un tamaño de 500 micras a 4 mm y procedían de todo el mundo. La radiación sincrotrón fue fundamental para este

estudio, pues reveló detalles microscópicos de la anatomía interna de los fósiles sin dañarlos. Hasta hoy no existía ninguna otra técnica no destructiva para el estudio de estas estructuras.

Las fructificaciones de las carofitas muestran una evolución compleja. Todas tienen una forma redonda, pero las más antiguas presentan estructuras verticales en la superficie exterior, mientras que en las más recientes las estructuras son espirales. Los fósiles estudiados en esta investigación pertenecen al Paleozoico (o Era Primaria) y muestran estructuras verticales. Lo que sorprendió a los investigadores fue la presencia de una utrícula, que hasta entonces solo se conocía en algunas carofitas del Mesozoico (Era Secundaria). Una utrícula es una capa suplementaria que se cree que estaba destinada a proteger el zygote (célula reproductora) para que no se secase. El hecho de que el alga desarrollara esta estructura significa que probablemente viviera en un ambiente de condiciones duras. Esta estructura podría interpretarse como una forma de adaptación del alga a las diferencias estacionales con veranos secos, que provocaban la sequedad de zonas acuáticas durante una parte del año.

El uso de la micro tomografía para este estudio pionero en fósiles de algas abre nuevas puertas a la paleontología. De hecho, las carofitas representan sólo un grupo de entre muchos otros de pequeños fósiles. Este tipo de investigación debería convertirse en una referencia para abordar el estudio de pequeños fósiles en 3D y de forma no destructiva.



Fuente: Eureka.org, julio 21 de 2005.
<http://www.eurekaalert.org/language/page.php?lang=sp>

Los felinos no son capaces genéticamente de notar el sabor dulce

Genética

El informe, que aparece publicado en la revista por Internet *Public Library of Science Genetics*, indica que toda la familia de los felinos, desde los tigres hasta los gatos domésticos, sufre una mutación genética que inutiliza los detectores del azúcar en sus papilas gustativas.

El hallazgo explica algo que cualquier propietario de un gato ha podido notar: que un minino es totalmente impasible a los sobornos con productos dulces, a no ser que contengan mantequilla o gelatina. Y en esos casos, la mascota responde a las grasas, no al azúcar.

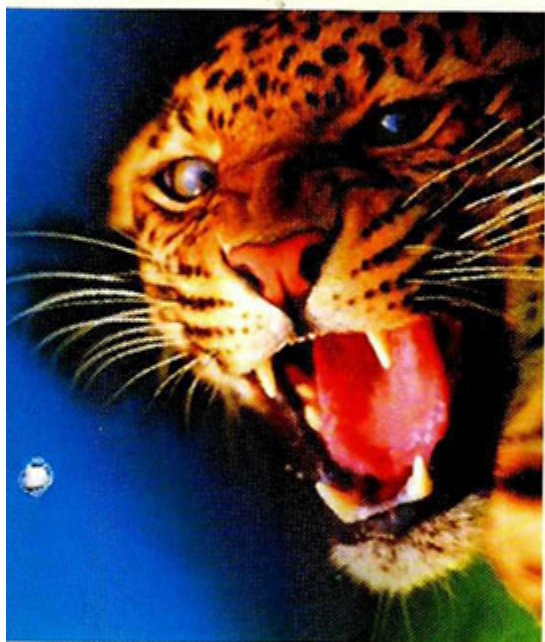
Los científicos, encabezados por Joseph Brand, del Centro Monell para los Sentidos Químicos en Filadelfia, y Xia Li, de la Universidad Cornell de Nueva York, recogieron muestras del ácido desoxirribonucleico (ADN) de seis gatos

propiedad de sus compañeros de trabajo y analizaron la secuencia en los dos genes que regulan el receptor dulce en las papilas gustativas. Esos receptores están formados por dos proteínas diferentes que se combinan en la superficie de una célula, que envía una señal nerviosa al cerebro cuando detectan azúcar.

Los expertos encontraron que, en uno de esos genes gatunos, conocido como *Tas1r2*, "falta" una secuencia de 247 nucleótidos –las "letras" que forman los genes–, lo que impide que se forme una de las proteínas necesarias para completar el receptor. La misma situación

se da en felinos superiores, como el guepardo o el tigre, lo que apunta a que la mutación se produjo en un "antepasado" común a todos ellos, en una etapa evolutiva anterior. La mutación tiene sentido en unos animales que dependen completamente de la carne para alimentarse, a diferencia de los humanos y otros seres vivos, que necesitan también féculas y fruta en su nutrición y para los que, por tanto, detectar el sabor dulce es vital. Según explicó Brand: "el receptor de azúcar no operativo proporciona una explicación molecular de por qué a los gatos no les apetece el dulce".

Fuente: *PLoS Genetics*. Volumen 1, Número 1, Julio 2005 o www.ploblet.com.



Más de 35 millones de personas en los países desarrollados viven con la infección por VIH. Investigadores del Centro de Investigación de SIDA en el Hospital General de Massachussets han desarrollado un monitor para detectar linfocitos CD4, portátil, económico y rápido que ayudará a pacientes en zonas rurales o con recursos médicos escasos.

Al menos 3 millones de los pacientes con VIH actualmente se encuentran en tratamiento con drogas retrovirales, lo que hace necesario realizar seguimiento a sus células inmunes (linfocitos CD4). Este monitor permitiría al paciente realizar conteo de sus linfocitos a bajo costo. Este prototipo trabaja mezclando una gota de sangre con anticuerpos que reconocen los receptores de membrana que tienen los linfocitos CD4. Los anticuerpos han sido marcados con fluorescencia, al observar la muestra con un microscopio se toma una foto con la cámara digital y un microchip cuenta el número de células CD4 automáticamente. Esto puede tardar alrededor de unos 10 minutos.

Los ensayos se realizaron con 61 pacientes adultos y 6 niños, presentando buena efectividad para la medición de linfocitos CD4. William Rodriguez y sus colegas, publicaron este desarrollo en *PLoS Medicine* en el mes de julio y continúan trabajando para miniaturizar esta tecnología disminuyendo tiempo y costos. Una empresa llamada *LabNow*, está comenzando a producir este prototipo.

Monitor de células CD4 para pacientes con VIH

Fuente: *PLoS medicine*, Julio de 2005, Volumen 2, Número 7.
<http://medicine.plosjournals.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1371/journal.pmed.0020182>

Medicina

Investigadores de la Universidad del Estado de Washington en Pullman descubrieron una molécula que jugaría un papel importante en la batalla de las plantas contra las enfermedades causadas por bacterias y hongos.

El grupo, liderado por Clarence Ryan aisló una proteína pequeña (Pep1) que actuaría como hormona encargada de avisarle a la planta que está en peligro. Después de esto, la planta activaría sus defensas, permitiendo que estas actúen desde el primer momento de la infección.

La planta objeto de estudio fue *Arabidopsis thaliana* (planta utilizada por los científicos como modelo experimental); sin embargo, estudios adicionales dieron cuenta de esta proteína en variedades de canola, soya, papa, tomate, arroz y álamo. Estos resultados han generado gran expectativa en la comunidad científica, ya que el descubrimiento podría servir para generar cultivos resistentes a patógenos (virus, bacterias, hongos).

Hasta ahora los investigadores lograron, a través de este procedimiento, aumentar la resistencia de *Arabidopsis* al hongo *Pythium irregulare* (hongo habitante del suelo responsable de pudrición de semillas y raíces en una amplia gama de cultivos), incentivando la producción permanente de grandes cantidades de la proteína Pep1.

Fuente: Español, Boletín Agrobio No. 45.
En Inglés, www.eurekalert.org/pub_releases/2005-07/asop-anm071305.php.

Descubren molécula para combatir hongos y bacterias



Neurología

Científicos norteamericanos verifican las ecuaciones de Kohonen sobre Memorias Asociativas formuladas en 1982. Han comprobado por vez primera cómo se relacionan las neuronas cuando reconstruyen las imágenes proporcionadas por la información visual: descubrieron que las neuronas se solapan unas con otras para que la combinación de características percibidas por cada una de ellas permita la construcción de una imagen completa del objeto. Este comportamiento de las neuronas ya había sido descrito matemáticamente por Teuvo Kohonen en 1982. La neurología ha tardado 23 años en comprobar que los números de la matriz matemática se correspondían realmente con algunas propiedades de las sinapsis.

Descubren cómo el cerebro fabrica la imagen de una flor

Los científicos del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) y de la Universidad de Pennsylvania comprobaron las ecuaciones formuladas por Kohonen, lo que constituye un nuevo impulso a los desarrollos en Inteligencia Artificial.

Cuando una persona ve una flor, las neuronas de su cerebro trabajan activamente para crear una imagen que corresponda al color, a la forma y a la distancia a la que la flor se encuentra de nuestros ojos. Hasta ahora no se sabía completamente cómo el cerebro realizaba este proceso, aunque un modelo matemático lo había anticipado.

Los investigadores, que han publicado su trabajo en la revista *Neuron*, señalan que las tareas múltiples forman parte de la actividad cerebral, ya que cada parte de la corteza dispone de neuronas que desempeñan muchas funciones cada una, lo que revela un principio básico de la organización del cerebro.

Tal como explica el MIT en un comunicado, los investigadores comprobaron que las neuronas se agrupan según su capacidad para detectar diversas características de un objeto físico, como sus bordes o colores, o si es percibido por el ojo izquierdo o el derecho.

También verificaron que las neuronas se solapan después unas con otras para que la combinación de características percibidas por cada una de ellas permita la construcción de una imagen completa.

Cuando algo falla en este procedimiento, la percepción visual es errónea, presenta ángulos oscuros y zonas de la realidad que no forman parte de la imagen mental construida por los mecanismos de la información visual.

Neuronas solapadas

La información visual es uno de los procesos más complejos de la actividad cerebral, alcanza la retina después de atravesar los ojos, donde la imagen se forma invertida. Las señales son procesadas como impulsos nerviosos que viajan, inicialmente por el nervio óptico, para alcanzar el tálamo dorsal y luego la corteza cerebral (corteza visual primaria). La corteza visual primaria no es, sin embargo, la única región del cortex implicada en el análisis de las señales visuales, ya que sólo resuelve las etapas iniciales del procesamiento visual. Hay otras regiones más profundas (cortezas asociativas) donde tiene lugar la asociación de los estímulos visuales con estímulos de otras modalidades sensoriales.

Durante la investigación relatada por *Neuron*, las neuronas de la corteza visual detectaron objetos en regiones vecinas del espacio y crearon una imagen o mapa de la escena visual, gracias a que se solaparon unas con otras para fabricar esa escena a partir de los elementos que habían percibido cada una de ellas. También comprobaron que el cortex adopta en ocasiones la misma forma de la imagen visual, aunque en otros casos, se distorsiona para permitir que las neuronas se reúnan e intercambien la información visual percibida, según las fórmulas matemáticas que había anticipado Kohonen en los años ochenta.

Fórmula anticipada

Teuvo Kohonen, profesor de la Facultad de Ciencias de la Información (Universidad de Helsinki), trabajó en las denominadas Memorias Asociativas y en modelos para actividad neurobiológica. Sus

modelos de memorias distribuidas dieron nacimiento a la moderna teoría de las redes neuronales. Kohonen pretendía representar matemáticamente las actividades de amplios grupos de neuronas y estableció que la actividad cerebral era el resultado de la actuación combinada de miles de neuronas que actuaban en paralelo, por lo que una memoria asociativa debía ser capaz de relacionar conjuntos muy amplios de señales.

La representación de redes neuronales mediante el modelo matricial propuesto por Kohonen desveló que los números de la matriz matemática se correspondían con algunas propiedades de las sinapsis, extremo que ha sido ahora verificado experimentalmente por los científicos norteamericanos.

Tanto a nivel teórico como práctico queda establecido desde ahora que los datos de las Memorias Asociativas que regulan nuestra actividad cerebral se almacenan mediante modificaciones que se producen a nivel de las sinapsis, modificaciones que pueden ser modeladas matemáticamente. El descubrimiento de los científicos del MIT y de la Universidad de Pennsylvania sugiere además que el mismo mecanismo confirmado en la corteza visual puede repetirse, de la misma manera, en otras regiones del cerebro implicadas en otros registros sensoriales, lo que, de confirmarse, consolidaría las investigaciones en Inteligencia Artificial.

Fuente: Eduardo Martínez.
Editor *Tendencias 21*.
www.tendencias21.net
Artículo Original Revista *Neuron*. The Coordinated Mapping of Visual Space and Response Features in Visual Cortex. Vol 47, No. 2, julio 21 de 2005, Pages 267-280.

En octubre, Marte y la Tierra tendrán nuevamente un encuentro cercano

Astronomía

Marte y la Tierra convergen hasta un máximo acercamiento el 30 de octubre de este año, 03:19 hora universal (UT). Distancia: 69 millones de kilómetros. A simple vista, Marte parecerá una brillante estrella roja, un diminuto hilo de luz, ciertamente no más grande que una Luna llena.

Sesenta y nueve millones de kilómetros es una distancia buena. A esta cercanía, Marte brilla más que cualquier otro objeto celeste, a excepción del Sol, la Luna y Venus. La magnitud lumínica de Marte el 30 de octubre de 2005 será -2,3. Incluso observadores distraídos lo verán elevarse a la puesta de sol y pasar sobre sus cabezas a medianoche.

Deberíamos acordarnos de otro encuentro con Marte, hace casi dos años, el 27 de agosto de 2003. Fue, por un poco, el más cercano de la historia, y millones de personas contemplaron cómo la distancia entre Marte y la Tierra disminuyó hasta 56 millones de kilómetros. El encuentro de octubre, de 69 millones de kilómetros, es

semejante. A los observadores casuales Marte les parecerá casi tan brillante y hermoso en el presente año como lo fue en el 2003.

Aunque faltan todavía meses para que se alcance el punto máximo de acercamiento, Marte ya se puede ver al amanecer. Antes del nacimiento del Sol, Marte es el objeto más brillante del Oriente, realmente llamativo. Si tiene telescopio, por pequeño que sea, diríjalo hacia Marte. Verá el brillante casquete helado del polo sur, y extrañas marcas oscuras en la superficie del planeta.

La NASA, aprovechando este acercamiento, planea lanzar el Orbitador de Reconocimiento Marciano, MRO por sus siglas en inglés, el 10 de agosto de 2005. Puesto que le llevaría unos 6 meses alcanzar Marte, el mejor momento para iniciar el viaje es aproximadamente un mes antes del máximo acercamiento, es decir, agosto. El MRO llegará en marzo de 2006, entrará en órbita y comenzará una misión de 2 años durante la que trazará un mapa del planeta rojo con un grado de detalle nunca antes visto.

Las cámaras de alta resolución de la nave serán capaces de discernir objetos de menos de 1 metro, tales como rocas o vehículos exploradores y módulos de aterrizaje estrellados sobre Marte. Una sonda de radar obtendrá información sobre aguas subterráneas, mientras los espectrómetros elaborarán un mapa de la distribución de los minerales superficiales. Otros instrumentos realizarán un seguimiento de la atmósfera para enseñar a los investigadores de la Tierra cómo pronosticar el tiempo marciano. Todos estos son elementos clave en los planes de la NASA para enviar finalmente seres humanos a Marte.

*Fuente: Ciencia@Nasa, junio 6 y julio 11 de 2005.
(Para más detalles, consulte la reciente Visión para la Exploración Espacial de la NASA.)*



Con una inversión de 350 millones de pesos para la investigación que dió como resultado este producto desarrollado a través de la transformación de frutales como arazá, coconá, carambola y piña nativa. Ají Majiña, es el resultado del desarrollo de actividades de acompañamiento empresa-

busca incorporar la biodiversidad a las cadenas productivas regionales, nacionales e internacionales, generando valor agregado que contribuya al desarrollo sostenible de la región. Hoy cuentan con una marca que empieza a posicionarse en el mercado nacional, con registro de INVIMA y un proceso de certificación en el convenio suscrito con el

zonas, APAA, han avanzado en la apropiación de los conceptos de manejo adecuado de cultivos, biopreparación de abonos, agricultura orgánica, manejo postcosecha y transformación de frutas y ajíes, con rigor y calidad.

Majiña, es el nombre con el que se conoce una hormiga en el departamento del Amazonas cuya mordida es famosa, también es el nombre con el que los productores de la APAA bautizaron a los productos elaborados con

Ají Majiña, empresa fruto del Amazonas

rial con miras a fortalecer los procesos industriales de la región, impulso de alternativas tecnológicas y aprovechamiento de las mismas dentro de los criterios de sostenibilidad, bajo el objetivo de adelantar proyectos de investigación y transferencia de tecnología.

Las actividades agropecuarias sostenibles que se realizaron en coordinación con las corporaciones de investigación del sector fueron avanzando en el desarrollo de una economía basada en la innovación partiendo de frutales amazónicos.

Se buscó impulsar la capacidad competitiva de un conjunto de productores para iniciar su penetración en el mercado de Bogotá y aumentar la capacidad de empleo en la región, para lo cual, se inició el proceso de certificación de dos empresas de la región: Ají Majiña y Chagra Maguare. Sus salsas picantes y encurtidos elaborados a partir de ají, son el producto del proyecto de investigación científica que



Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Esta iniciativa contó con la cofinanciación de COLCIENCIAS, tuvo como beneficiarios, por el sector privado, a la Asociación de Productores Agropecuarios del Amazonas; como ejecutores, a la Universidad Nacional de Colombia y al Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI que durante sus diez años de existencia y en los últimos cuatro de trabajo junto con la Asociación de Productores Agropecuarios del Ama-

ají de la región y por eso: "...pica más que una *majiña*...". Este trabajo aumenta el sueño de tener una agroindustria con productos amazónicos estandarizados y debidamente registrados que generen confianza en estas iniciativas agroempresariales en la región e incrementen la competitividad y desarrollo de una economía local a partir de la biodiversidad amazónica.

Fuente: Boletín Informativo SINCHI.

Sitios de interés

JUICIO DE NÜREMBERG

http://nuremberg.law.harvard.edu/php/docs_swi.php?DI=1&text=overview



La Escuela de Derecho de la Universidad de Harvard está llevando adelante una interesante iniciativa para digitalizar la documentación de famosos procesos que han ocurrido en la historia del derecho.

El primero de ellos será el Juicio de Nüremberg (el proceso realizado a los nazis al finalizar la Segunda Guerra Mundial). El archivo se compone de unas 7.000 páginas, incluyendo los protocolos de 12 juicios del Tribunal Militar Internacional.

CRIANÇAS CRIATIVAS

<http://www.criancascriativas.com.br/>

Colabora para mejorar la calidad de la educación en Brasil, formando ciudadanos participativos, innovadores y constructores de horizontes. En este sitio usted podrá encontrar videos, libros, kit y material didáctico sobre la enseñanza de las ciencias.



INSTITUTO DE LA INGENIERÍA DE ESPAÑA

<http://www.iies.es/portallIE/porta/pagina/home.jsp>

El Instituto de la Ingeniería de España es la Federación de Asociaciones y Federaciones de Asociaciones de las diversas ramas de ingenieros del Estado español, que son las siguientes:

- Aeronáuticos
- Agrónomos
- Caminos, canales y puertos
- Defensa
- I.C.A.I.
- Industriales
- Montes
- Minas
- Navales y oceánicos
- Telecomunicación

A través de estas diez asociaciones, el Instituto de la Ingeniería de España agrupa a cien mil ingenieros de todas las especialidades, que desarrollan su actividad en las diferentes Comunidades Autónomas, tanto en el ámbito privado como en el público.

Derecho

Educación

Ingeniería



CONTROL BIOLÓGICO

<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/>

La Universidad de Cornell en Estados Unidos, publica una guía de enemigos naturales de Estados Unidos usados en el Control Biológico. Aquí encontrará alrededor de 100 especies de enemigos con fotos, enfermedades, ciclos de vida y hábitat.



MUSEO VIRTUAL DE BACTERIOLOGÍA

<http://www.bacteriamuseum.org/main1.shtml>

En este sitio se encuentran conceptos, enlaces, directorios relacionados con la bacteriología y la microbiología. Además, información acerca de bacteriófagos, antibióticos, genética, bioinformática, seguridad alimentaria, entre otros. Este espacio fue desarrollado por la Fundación de Bacteriología desde 1999, la curadora es Trudy Wassenaar.

CENTRO DE ENSEÑANZA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN (Computer Science Teaching Center)

<http://www.cstc.org/>

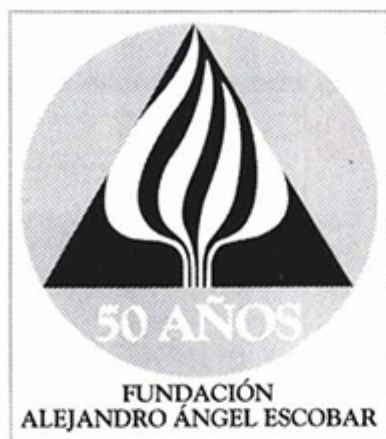
Este centro es una librería digital para obtener información sobre ciencias de la computación, usted podrá registrarse y acceder a múltiples artículos de robótica, requerimientos para sistemas de software, criptografía, introducción a la programación, cursos, etc.



MANEJO DE PROYECTOS

<http://www.maxwideman.com/pmglossary/index.htm>

En este sitio se encuentra un glosario de términos usados en el manejo de proyectos (Management Projects).

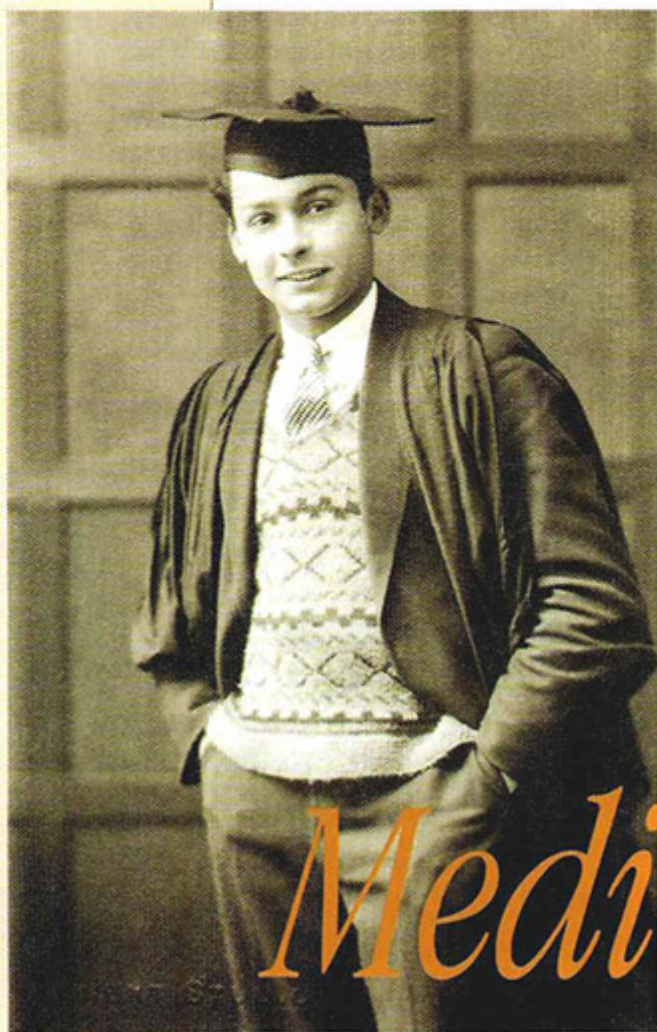


La Fundación

*Alejandro Ángel Escobar
celebra sus Bodas de Oro
a través de las palabras
de los científicos.*

Un poco de historia de la FAAE

En el año de 1955 se estableció por voluntad de don Alejandro Ángel Escobar, reconocido hombre de negocios antioqueño y exministro de Agricultura, la creación de unos premios de ciencias que fomentaran la investigación del agro en el país e incentivaran a los científicos nacionales a prepararse mejor para competir en el creciente mundo de la ciencia. Alejandro Ángel Escobar, quien había estudiado en el exterior –Inglaterra y Estados Unidos– vio cómo a través de la investigación se lograba el desarrollo de los países industrializados. Luego de terminar sus estudios, regresó al país, y como político, empezó a implementar todo lo que había visto con relación a la gestión agraria. Sabía que sólo estudiando e investigando se dejaría de ser un país atrasado, por eso, antes de morir, le dejó la misión a su esposa, doña María Restrepo de Ángel, de crear unos premios de ciencias. Muy claramente dejó escrito en su testamento que se



Alejandro Ángel, estudiante en Cambridge.

Medio siglo de

premiaría al mejor trabajo postulado, no al menos malo. Doña María, quien hasta el último día de su existencia se mantuvo al frente de la Fundación, vio cómo le llegaban las propuestas de una naciente comunidad científica, que encontró en el premio un importante incentivo para su desarrollo.

Los primeros títulos de trabajos premiados en los años cincuenta y sesenta fueron otorgados a las investigaciones agrícolas: plantas útiles de Colombia, estudio de suelos, investigaciones sobre la erosión, versiones mejoradas de cereales, la conservación de los suelos y la creación de máquinas para el campo. Las ciencias exactas no quedaron atrás: estudios sobre endemias, los efectos de bacilos sobre plagas en granos, enfermedades de salud pública y la creación de válvulas para el tratamiento de enfermedades cerebrales fueron algunos de los premios más notorios.

Paralelamente al premio de investigación científica, también se creó un premio de solidaridad que sería entregado anualmente junto al de ciencia. Estos cincuenta años demuestran que la idea de la Fundación fue visionaria y que se estaba empezando con ésta una cultura de la filantropía en Colombia. Se premia el trabajo de estas instituciones que han tratado temas prioritarios para la agenda social del país: educación para niñez abandonada e indigente; grupos sindicales y obreros; ayuda a víctimas del cáncer y el sida; hospitales de caridad; atención a la prostitución; rehabilitación para víctimas de la violencia; educación especial; atención al desplazamiento forzado; atención a minorías y actividades creativas y culturales de poblaciones vulnerables.

Para demostrar que la investigación arroja beneficios prácticos y que si se usan de manera adecuada, redundarán en beneficio de la sociedad, presentamos los puntos de vista, resultados de investigaciones e inquietudes de algunos de los científicos premiados a lo largo de la existencia del premio de la Fundación.



Alejandro Ángel Escobar, Ministro de Agricultura en 1950.

Medio ambiente y desarrollo

Orlando Rangel

Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna.

Premio Ciencias Exactas y Naturales, 2001.

- Actualmente está en imprenta el volumen 6 de la serie que trata sobre la Cordillera Occidental (*Estudio de Ecosistemas tropandinos* (ECOANDES). En el 2005 esperan concluir la preparación del volumen final (7) –sobre la Cordillera Oriental– de esta obra que permitirá tener un estudio completo sobre la biota, los ecosistemas, los suelos, el clima, la historia natural en el espacio andino de Colombia; las tres cordilleras y la Sierra Nevada de Santa Marta.
- Documento que ilustra la diversidad a nivel palinológico en la Amazonia colombiana (*Atlas palinológico de la Amazonia*), sus resultados son herramientas de uso apropiado en otras disciplinas como la geología, la palinología.
- Desde finales del 2004 el equipo investigador que dirige el doctor Orlando Rangel, prepara el

ciencia



volumen sobre la Costa Caribe (*Inventario de la diversidad biótica en Colombia*).

• Varios estudios aplicados a la restauración ecológica de humedales, conservación de quelonios, uso actual y potencial de la fauna silvestre y a la recuperación de la vegetación relictual en áreas prioritarias de bosque seco.

A la pregunta de qué aporte le dan sus investigaciones al tema de la biodiversidad en el país, el profesor Rangel, contesta que "El inventario y la caracterización de la biodiversidad de Colombia es un tema fundamental para la elaboración de los planes de desarrollo del país. La documentación crítica de este patrimonio excepcional es un documento de incalculable valor por cuanto es la referencia científica que nos permitirá asumir la defensa de nuestra fuente más valiosa de materias primas: la biodiversidad".

Germán Poveda Jaramillo

Retroalimentación dinámica entre el Fenómeno El Niño/Oscilación del Sur y la hidrología de Colombia. Premio Ciencias Exactas y Naturales, 1999.

¿Cuál es el estado actual de sus investigaciones?

Muy variado y amplio. Los investigadores colombianos no podemos darnos el lujo de ser especialistas ni toderos, ya que nuestro reto es más profundo: ser especialistas en la diversidad de temas que nos plantea el medio, que son retos a la investigación básica y aplicada. Por eso estoy investigando acerca de: 1) Fenómenos macro-climáticos que influyen sobre el clima y la hidrología de Colombia; 2) Cambio y variabilidad climática en distintas escalas temporales; 3) Relaciones entre variabilidad climática y epidemias de salud humana; 4) Teoría de escalamiento aplicada en la Amazonia; 5) Turbulencia atmosférica; 6) Pronóstico de caudales y de lluvias en Colombia; 7) Aprovechamiento del agua atmosférica; 8) Desarrollo del Sistema de Información Geográfica de la Hidro-climatología de Colombia (Hidro-SIG); 9) Desarrollo del Sistema de Información Geográfica de la Malaria en Colombia (SIGMA).

¿Cuál es su sugerencia para la enseñanza de la ciencia en este país?

La enseñanza de la ciencia necesita un camino diferente al de la construcción de la ciencia. La enseñanza debe procurar el entendimiento y la motivación-fascinación por el conocimiento científico en las mentes infantiles y juveniles. Es posible hacerlo y evidenciarlo. La manera de enseñanza tradicional de las ciencias a los niños y jóvenes produce el efecto contraproducente de espantarlos y alejarlos del camino de la ciencia. Se enseña en forma descontextualizada del mundo real, no se enseña para el entendimiento ni para 'aprender a aprender', sino para recitar de memoria hechos, nombres, fe-

chas, etc., o para regurgitar teoremas, lemas y corolarios que no le dicen nada a las mentes infantiles y juveniles, y que de paso los ahuyentan de la maravilla del conocimiento del mundo real en términos de explicarlo, entenderlo y predecirlo mediante la ciencia.

Alex Bustillo Pardey

Oxydia trybiata - un insecto defoliador que amenaza las reforestaciones en Colombia. Estudios para su control biológico.

Premio Ciencias Exactas y Naturales, 1976.

Desarrollo de un programa de manejo integrado de la Broca Hypothenemus Hampei (Ferrari), en Colombia. Premio Medio Ambiente y Desarrollo, 1996.

En cuanto a sus investigaciones y alcances, el doctor Bustillo afirma: "en este momento se considera que los resultados de esta investigación proporcionan unos grandes ahorros al sector cafetero colombiano, se estima que el buen manejo de esta plaga como resultado de nuestras investigaciones realizadas en Cenicafé, están ahorrando a los cafeteros a precios actuales cerca de US\$120 millones de dólares anuales".

Gabriel Cadena

Director del Centro de Investigaciones del Café, Cenicafé (Chinchiná, Caldas).

¿Cuáles son los aportes de las investigaciones que financia Cenicafé?

En conservación de suelos, los beneficios de las investigaciones son considerables, especialmente en lo relacionado con la sostenibilidad de la producción en la zona cafetera colombiana. Gracias a los avances logrados en este tema, los suelos de la zona cafetera, que son muy propensos a la erosión debido a la pendiente del terreno y a la alta intensidad y frecuencia de las lluvias, son protegidos por los caficultores, que han adoptado las prácticas y recomendaciones desde la época de los doctores Fernando Suárez de Castro y Alvaro Rodríguez Grandas, galardonados en 1956 con el Premio de Ciencias de la FAAE. La tarea de esos pioneros se ha continuado y la generación de nuevos conocimientos en esa área han permitido la conservación de nuestros suelos.

En el área de fitopatología, los galardonados fueron los doctores Octavio Fernández y Selma López (1970). En el año 2003, se publicó un libro que recoge el conocimiento generado en el centro en esa materia, así como la forma como se ha contribuido a la economía de los cafeteros mediante soluciones a los problemas de enfermedades de importancia que afectan al café.

En el área de mejoramiento genético, los doctores Jaime Castillo Zapata y Germán Moreno Ruiz (Premio

de Ciencias, 1986) trabajan por el desarrollo de la *Variedad Colombia*. Dicha variedad liberada en el año de 1982, continúa hasta el presente siendo la mayor contribución que GENICAFE ha hecho a nivel científico y práctico, lo cual ha sido reconocido nacional e internacionalmente. El trabajo de mejoramiento genético del café ha continuado y hoy se tienen 300.000 has sembradas con la variedad Colombia, que le significan a los caficultores colombianos una economía equivalente a más de cien millones de dólares anuales. Se ha mejorado la *Variedad Colombia* por otras características y se ha liberado la variedad TABI, con características de café especial.

En el área de entomología, los doctores Alex Bustillo, Diógenes Villalba, Reinaldo Cárdenas, Pablo Benavides, Francisco Posada y Jaime Orozco (Premio de Ciencias en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1996) por su contribución al manejo integrado de la broca del café. Y desde entonces la adopción de estas tecnologías le han permitido a los caficultores colombianos evitar los daños económicos que esta plaga tiene la capacidad de producir y también se ha contribuido a la preservación del medio ambiente por la adopción del control cultural y biológico que reduce la aplicación de plaguicidas para su control. Se continúa investigando en esa misma dirección con nuevas metodologías de biología molecular. Y además recibieron Mención de Honor de la FAAE, el grupo de investigadores de Genicafé del área de Poscosecha por el trabajo sobre el beneficio ecológico del café, en el año 2000. En este campo se continúa la investigación y el desarrollo de nuevos modelos de equipos y tecnologías que permiten el control de la contaminación ambiental que se produce durante la etapa del beneficio húmedo del café. Gracias a estas investigaciones, los caficultores colombianos que han adoptado esta tecnología limpia, no están contaminando el medio ambiente.

Ciencias exactas

Julián Betancourt

Preparación de muestras superconductoras.

Premio Ciencias Exactas y Naturales, 1990.

Actual Director del Museo de la Ciencia y el Juego.

¿Qué se ha logrado desde 1990 en su campo?

Hemos logrado abrir el espacio a los museos interactivos en Colombia y los beneficios han sido grandes. Primero, el Museo de la Ciencia y el Juego (MCJ) se ha fortalecido y ha desarrollado a lo largo de los años un tipo de diseño y una visión museológica propias, pertinentes a las necesidades de Colombia y América Latina. En segundo lugar, se ha logrado construir una red de pequeños museos que actúa en Colombia y Ecuador y que, en gran medida, atiende a comunidades marginadas geográfica o económicamente.



Doña María Restrepo, directora fundadora y el presidente Virgilio Barco, 1987.



Gustavo Bell, vicepresidente de la República, Camila Botero, directora de la Fundación y Juan Mayr, ministro de medio ambiente, 1998.



Eusberto Jojoa, presidente de la junta de la Asociación para el Desarrollo Campesino, Pasto, 1998.



María Emma Mejía, ministra de educación y monseñor Isaías Duarte Cancino (QEPE), 1995.



Ana Milena Muñoz de Gaviria y Camila Botero, 1991.

¿Cómo cree usted que se debe formar una nación más interesada en el aprendizaje y la apropiación de la ciencia?

Terminando con la promoción automática, incentivando la curiosidad, la exploración, construyendo la creatividad y el gusto por la pregunta y la argumentación. Para construir un país viable se necesita el esfuerzo creativo de las personas en muchos aspectos. En particular, la ciencia exige la rutina de la reflexión, del razonamiento, de aprender a argumentar, de explorar e indagar, en fin, de preguntarse y de hacerlo de una manera lúcida para construir respuestas o procesos que conduzcan a esas respuestas. La promoción automática construye lo contrario: el mínimo esfuerzo. Esfuerzo totalmente alejado de la creatividad y la lucidez.

Iván Darío Vélez

Evaluación ecoepidemiológica de la leishmaniosis visceral de la comunidad indígena zenú de San Andrés de Sotavento, Córdoba: primer paso para su control.

Premio Ciencias Exactas y Naturales, 1994.

Leishmaniosis: lo más profundo es la piel.

Premio Ciencias Exactas y Naturales, 2003.

Es difícil para el investigador evaluar los resultados de su trabajo pero considero que actualmente, con el trabajo del Grupo PECET, tenemos un mayor conocimiento sobre las enfermedades tropicales en nuestro país, sobre los ciclos de transmisión, la distribución de especies de parásitos y de los insectos que las transmiten, las concepciones, actitudes, creencia y prácticas populares sobre la enfermedad, la real incidencia en las diferentes regiones geográficas, la respuesta inmune inducida por los parásitos y la respuesta al tratamiento. Todo lo anterior también es fruto de los programas de capacitación, educación continuada y educación primaria en salud, lo que nos ha permitido acercarnos a la enfermedad desde diferentes puntos de vista; claro que todavía nos falta mucho, principalmente generar conciencia en los jóvenes profesionales del área de la salud. El PECET cuenta con un grupo de investigadores jóvenes, con formación de posgrado, que mantiene relaciones científicas con investigadores de los centros más importantes del mundo y que transmiten a sus estudiantes los resultados de sus investigaciones, generando docencia con calidad.

En cuanto a los beneficios de sus investigaciones, el doctor Vélez confirma que "el gran logro de las investigaciones que se desarrollan en el Pecet es que sus resultados se irradian a la comunidad, que contribuyen a la solución de las problemáticas de Salud Pública que generan las enfermedades tropi-

cales, y en la proyección de la labor científica del país a nivel internacional.

Ángela Restrepo

Investigación sobre la paracoccidiodomicosis.
Premio Ciencias Exactas y Naturales, 1995.

Resultados de sus investigaciones:

- Consolidación de una línea de investigación.
- Constitución de un grupo de investigación multidisciplinario y con cooperación internacional.
- Formación de investigadores jóvenes.
- Posicionamiento de la institución sede (Corporación para Investigaciones Biológicas) y del grupo de trabajo (Micología Médica y Experimental) en el país y en el exterior.
- Avances puntuales en el conocimiento del tema de estudio.
- Mejoras en el manejo de problemas de salud, reflejadas en pronto diagnóstico, tratamiento específico y seguimiento sistemático de enfermedades graves (micosis endémicas en Colombia).

¿Qué incidencia tiene la universidad en la que se estudia para el futuro desarrollo de un investigador?

Muy alta. La universidad, para ser un verdadero centro de cultura, debe, a toda costa, fomentar la investigación a todos los niveles. Especialmente importantes son los profesores ya que ellos son quienes pueden despertar y canalizar la natural inclinación de los estudiantes por la exploración científica.

Luis Alberto Sánchez

Simetrías gauge locales, simetrías horizontales y matrices de masa.
Premio Ciencias Exactas y Naturales, 2004.

¿Cuál es su recomendación para la enseñanza de la ciencia?

Además de una enseñanza adecuada de la ciencia que incentive la curiosidad y la imaginación desde los primeros años de la escuela, se requiere que los jóvenes vean en la investigación científica una actividad no sólo apasionante sino también una actividad que les puede permitir vivir en condiciones económicas dignas. La investigación científica debe dejar de ser el sueño de unos pocos románticos e ingresar en el abanico de posibilidades de subsistencia para los jóvenes que ingresan a la universidad. Esto último será posible cuando gobierno y empresa privada comprendan la importancia que la inversión en ciencia tiene para el desarrollo del país.

Ciencias sociales

Marta Herrera Ángel

Ordenamiento espacial y control político en las llanuras del Caribe y en los Andes centrales neogranadinos, siglo XVIII.
Premio Ciencias Sociales, 2000.

¿Qué relación tiene su investigación con el presente del país?

Creo que el tipo de investigación que desarrollo permite reflexionar sobre el pasado y reconsiderar varios de los presupuestos en que se ha basado la exclusión y el marginamiento de amplios sectores de la población. También lleva a reflexionar sobre los valores que poseemos y de los cuales no tomamos conciencia, en buena medida por estar mirando hacia afuera, hacia los lugares de procedencia de los invasores que, en un pasado, asumieron el poder y a cuyos descendientes se les dificulta verse como parte de un todo que tiene su base en este territorio y no en el exterior, por poderoso que sea ese exterior. Dado que nuestra visión del pasado, nuestra memoria, estructura nuestras acciones en el presente, aspiro a que los cuestionamientos que se hacen sobre algunos de los presupuestos de esa memoria, puedan tener un impacto sobre nuestro presente y nuestro futuro. En síntesis, entender nuestra sociedad, más que tratar de entenderla "ajustándola" a modelos de conocimiento desarrollados para otros espacios y otras culturas.

Con este esbozo general de algunos de los investigadores premiados, es claro que la visión que ha tenido la Fundación Alejandro Ángel Escobar incentiva el estudio permanente de la ciencia y su reflexión frente al tema de la educación como fuente para su desarrollo. Continuamos creyendo que las palabras pronunciadas por Alberto Lleras Camargo, primer jurado del Premio en el año 1955, son las que la Fundación Alejandro Ángel Escobar tiene como derrotero y seguirá pregonando: "La Universidad no cumplirá su función si no abre ampliamente oportunidades a su claustro y a sus estudiantes para que el primero no tenga que dedicarse exclusivamente a enseñar y los últimos no puedan abrigar más aspiración que la de obtener una licencia de trabajo. La Universidad tiene que investigar, aunque dentro de las presentes condiciones de la cultura colombiana esa investigación haya de limitarse a nuestros problemas inmediatos. (...) El autoritarismo de nuestra enseñanza universitaria jamás creará espíritu de investigación".

Bogotá, junio de 2005.



MANOS QUE INNOVAN



I Encuentro Nacional: Avances Recientes en la Aplicación de la Física a la Biomedicina

Reúne a los principales investigadores nacionales e internacionales que trabajan en cada una de las especialidades médicas en que interviene la física, con el fin de socializar los avances recientes en física-médica y su importancia para las ciencias de la salud.

TEMÁTICAS

- Láser y sus aplicaciones
- Radiaciones ionizantes: tumores, células vivas y cirugía
- Imogeneología: ecografía, resonancia magnética, TAC, electroencefalografía.
- Nanotecnología
- Biología electrónica
- Cáncer
- Hidrodinámica

MANOS QUE EDUCAN

VIII Encuentro Nacional de Profesores Investigadores e Innovadores en la Enseñanza de las Ciencias

Busca acercar a los docentes a la problemática de la Comunicación y la Ciencia en la escuela.

TEMÁTICAS

- Experiencias innovadoras en el aula
- Educación desde los museos y centros interactivos de ciencias
- Educación no formal y extraescolar (experiencias nacionales e internacionales)
- Comunicación de la ciencia en el aula (radio, video, televisión, prensa)
- Nuevas tecnologías de la información



MANOS QUE PRODUCEN

Exposición Comercial

Congrega en un mismo espacio a los diversos sectores de la ciencia, la tecnología y la educación, creando un ambiente propicio para la celebración de negocios.

Participan:

- Empresas innovadoras
- Universidades
- Centros de desarrollo tecnológico
- Centros de investigación
- Universidades
- Empresas de alto desarrollo tecnológico
- Sector Sistemas
- Laboratorios
- Empresas de salud
- Organismos gubernamentales
- Organismos internacionales
- Editoriales
- Material didáctico, entre otros

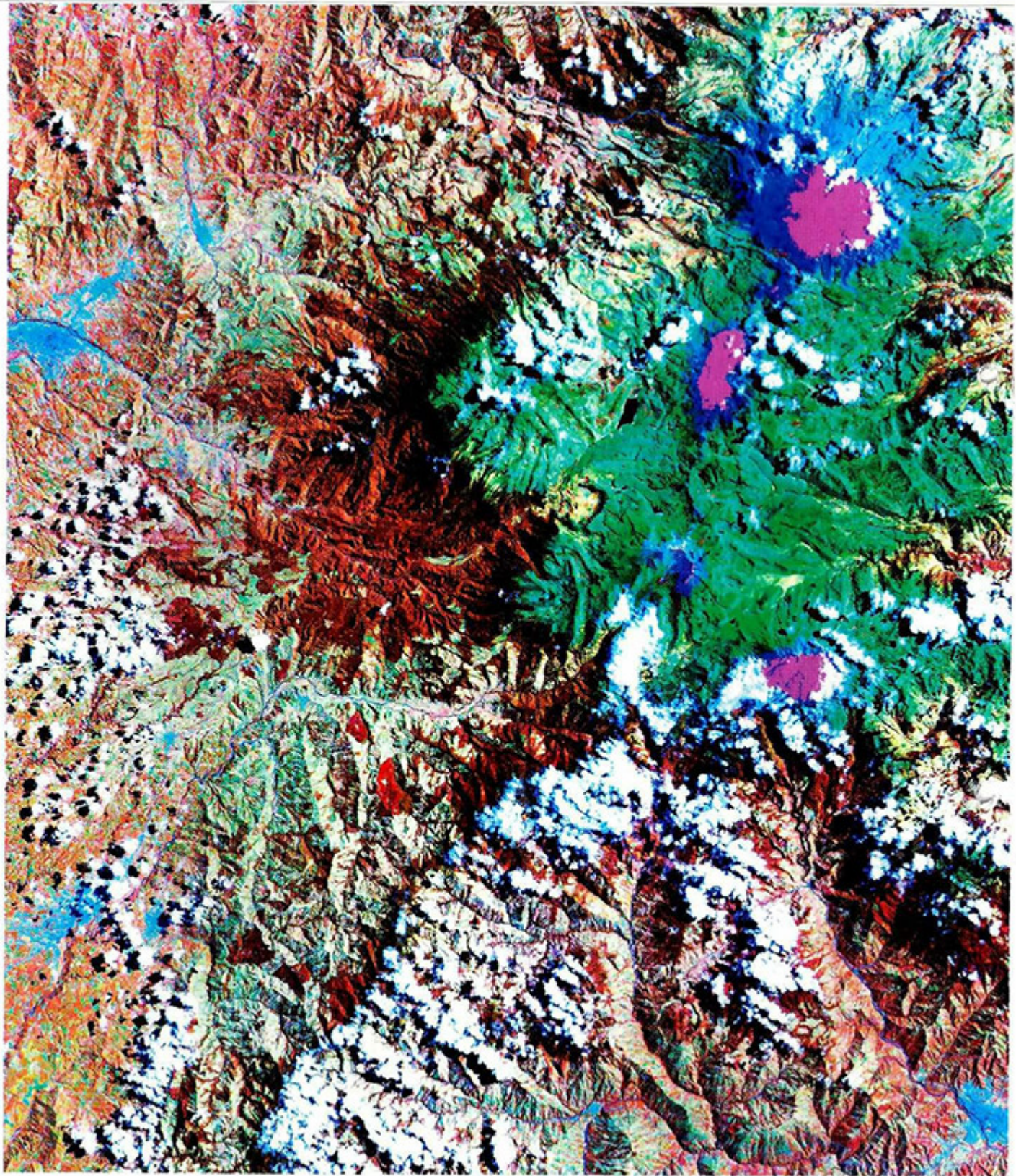


MANOS QUE CREAN



Exposición Infantil, Juvenil y Universitaria Año Mundial de la Física

Muestra seleccionada que permite dar a conocer y proyectar el resultado de los mejores trabajos en ciencia, tecnología y expresión artística realizados por estudiantes de instituciones de educación básica, media y superior, así como por niños y jóvenes de entidades desescolarizadas. Participan niños entre 6 y 16 años



Teleobservación de desastres volcánicos

La tragedia de Armero del 13 de noviembre de 1985 desde el espacio

Henry Villegas

*Geólogo, especialista en percepción remota,
Líder del Grupo de Percepción Remota de INGEOMINAS.
Bogotá, Colombia.
E-mail: benville@ingeomin.gov.co*

Hacia 1895, cinco familias que se establecieron a orillas del Río Lagunillas en el norte del Departamento del Tolima, dieron origen al cacero de San Lorenzo, que trece años después, en septiembre de 1908, fue elevado a la categoría de municipio. Dicha población adquirió cierta importancia, cuando se convirtió en estación obligada de paso para los viajeros que recorrían en tren la ruta entre La Dorada y Ambalema. El ferrocarril estimuló la economía de la región, trajo nuevas familias, favoreció la creación de negocios e impulsó el crecimiento del casco urbano. En 1930, la Asamblea Departamental del Tolima decidió rebautizar la población de San Lorenzo como Armero, en homenaje al mártir de la independencia José León Armero. Noventa años después de su fundación, cuando a finales de octubre de 1985 se reunieron todos los datos sobre el censo de población, se concluyó que en las 4.918 viviendas que conformaban el casco urbano de Armero, habitaban 21.013 personas.

Imagen: Subescena Landsat TM de agosto 7 de 1989, correspondiente al Parque Nacional de los Nevados. Composición en falso color 4 en rojo, 5 en verde, 2 en azul. De norte a sur se observan los casquetes glaciares de los volcanes nevados del Ruiz, Santa Isabel y Tolima en color violeta, mientras las ciudades de Ibagué (sureste), Pereira (noroeste) y Armenia (suroeste) aparecen en color azul. (Imagen procesada por Henry Villegas).

Las familias que en 1895 fundaron el municipio, nunca imaginaron que el Volcán Nevado del Ruiz, localizado en la Cordillera Central de Colombia al occidente de Armero, iba a erupcionar el 13 de noviembre de 1985. Una secuencia compleja de masas de flujos de escombros calientes y secos que se movían como fluidos fue expelida por el Ruiz; estos materiales interactuaron con nieve y hielo en el casquete glaciar de su cima, desencadenando masas de escombros de rocas saturadas en agua, que descendieron por sus laderas como concreto húmedo a lo largo de los ríos Gualí, Azufrado y Lagunillas, y la Quebrada Nereidas (figura 1), causando la muerte a 23.080 personas que habitaban en las proximidades del volcán. Estas masas húmedas se denominan flujos de lodo, lahares o flujos de escombros.

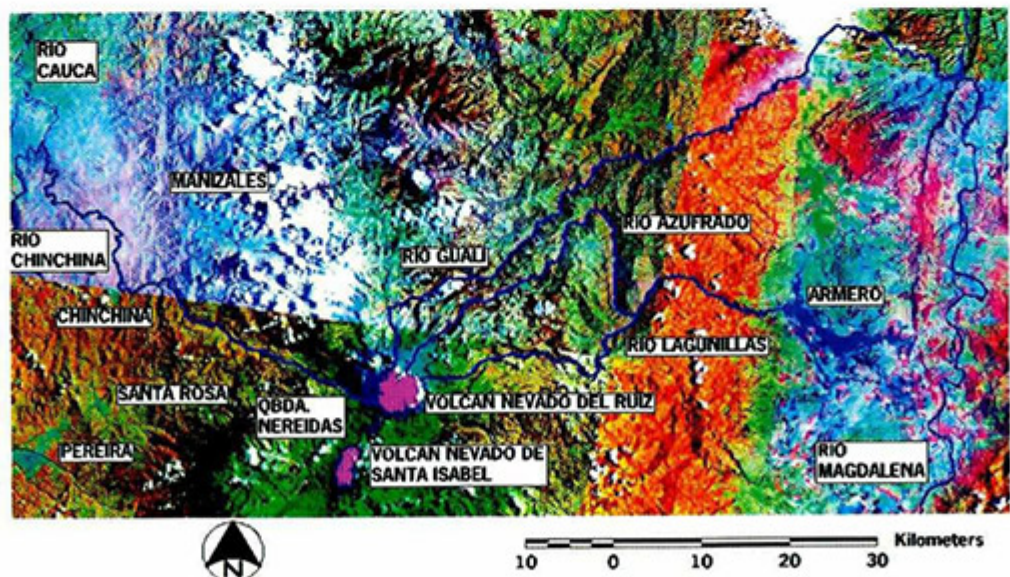
En las proximidades del cañón del río Lagunillas, 74 Km al oriente de la cima del Volcán Nevado del Ruiz, la ciudad de Armero fue prácticamente destruida en su totalidad, y tres cuartos de su población perecieron. En un lapso de cuatro horas después del inicio de la erupción, los lahares generados



Nevados del Tolima, Ruiz y Santa Isabel.

en el Ruiz descendieron 5.100m y viajaron mas de 104 Km, dejando una senda de destrucción y catástrofe: 23.080 personas muertas o desaparecidas, 94% en la zona de Armero y 6% en la región de Chinchiná; 4.420 heridos; 5.092 viviendas destruidas, 4.718 en Armero y 374 en Chinchiná; 229.154 damnificados, 143.792 en zonas urbanas y 85.362 en zonas rurales y daños en 210.000

Figura 1. Mosaico de cuatro escenas Landsat TM del área de influencia del Volcán Nevado del Ruiz en composición de color, 4 en rojo, 5 en verde, 2 en azul. Los ríos Lagunillas, Azufrado y Gualí, y la quebrada Nereidas se resaltan en azul, porque transportaron los lahares generados en la cima del Ruiz.





Fotos: Jair Ramírez C. (Glaciología - Ingoominas, Bogotá).

hectáreas de terreno, en su gran mayoría cultivable.

Los desastres volcánicos

En regiones remotas y poco pobladas, las erupciones volcánicas rara vez causan impacto humano o socio-económico, pero los procesos de amenaza asociados con erupciones en áreas más habitadas, pueden producir problemas serios. En el siglo pasado, a comienzos de la década de los noventa, se esperaba que la población sujeta a amenaza volcánica se incrementara por lo menos hasta los 500 millones, una cifra comparable con la población mundial estimada para comienzos del siglo XVII. El crecimiento de la población exige que la gente continúe habitando y propagándose en áreas de amenaza alta, algunas de las cuales son de considerable valor agrícola y económico. Como resultado, se espera que sigan aumentando los daños causados por catástrofes naturales.

La erupción cataclástica de 1980 del *Mount St. Helens* en el suroeste de Washington (Estados Unidos), inició una década marcada por más desastres volcánicos que cualquier otra de la historia registrada. Los volcanes mataron cerca de 28.500 personas en los ochenta, más que durante los 78 años precedentes, contados a partir de la erupción de *Mont Pelée* (Martinica) en 1902. Los lahares del Ruiz, considerados los más letales de la historia registrada, representan el peor desastre volcánico desde la erupción de *Mont Pelée*, y el segundo del siglo XX, con una tasa de mortandad que le ubica en el cuarto lugar de la historia (tabla 1). Este evento de naturaleza catastrófica, al igual que el terremoto de 1985 de la costa de Méjico, que causó la muerte de 30.000 personas en Ciudad de Méjico, hizo decla-

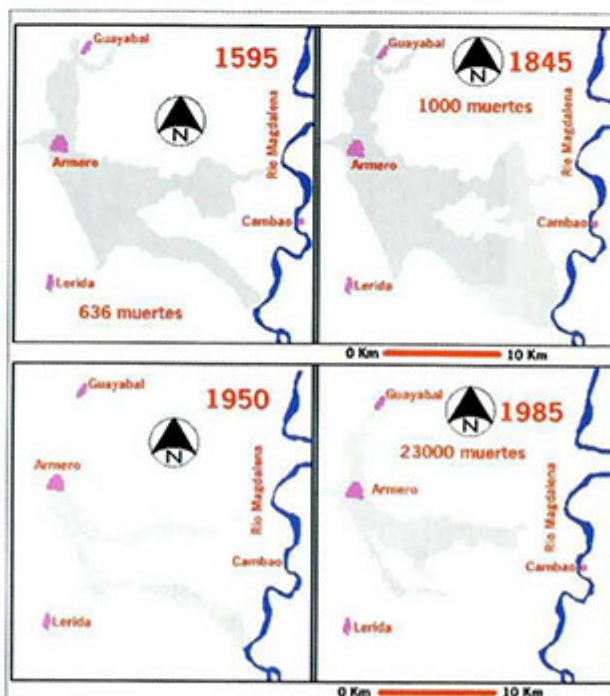
LOCALIZACIÓN	FECHA	TASA DE MORTANDAD
Tambora (Indonesia)	1815	92.000 personas
Krakatoa (Indonesia)	1883	36.000 personas
Mount Pelée (Martinica)	1902	28.000 personas
Armero (Colombia)	1985	23.000 personas

rar la década de los noventa como "Década Internacional para la Reducción de Desastres Naturales".

De acuerdo con los documentos históricos, el valle de Armero ya ha sido afectado por lahares más catastróficos que el de 1985. Antes de esta fecha, el Nevado del Ruiz ya había tenido una erupción mayor el 12 de marzo de 1595, cuando la avenida de escombros generada por una erupción magmática explosiva, desencadenó lahares en los valles de los ríos Gualí, Azufrado y Lagunillas. Los registros históricos indican que el lahar de 1595 que descendió por los últimos dos ríos, fue más grande que el que destruyó Armero en 1985 (figura 2). Otro gran lahar, también mayor que el de 1985, descendió por el cañón del río Lagunillas el 19 de febrero de 1845, inundando el sitio

Tabla 1. Los peores desastres volcánicos de la historia registrada.

Figura 2. Reconstrucción de áreas afectadas por flujos de escombros (en gris) en el valle de Armero, por eventos ocurridos antes de la tragedia de 1985 (Modificado de Mojica, Colmenares, Villarroel, Macia & Moreno, 1985).



donde cincuenta años después se fundaría el municipio de Armero; este flujo de escombros quitó la vida a más de mil personas, razón por la cual es considerado el desastre histórico más mortífero, generado por sedimentación de flujos de escombros en Colombia. Además de los eventos catastróficos ya mencionados, la región ha sido afectada por esporádicas inundaciones, como la de abril de 1950, ocasionada por lluvias intensas en la Cordillera Central (*figura 2*).

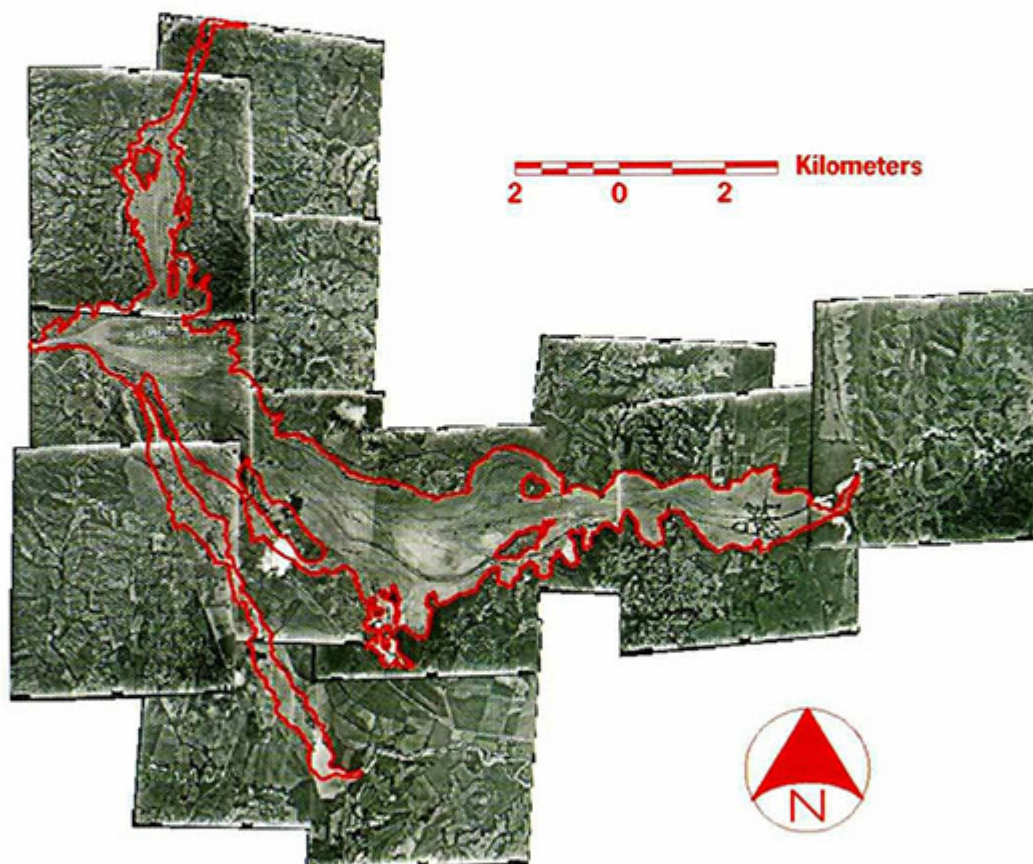
Para el tiempo en que la catástrofe sucedió, los estudios geológicos para la mitigación de la misma, fueron realizados

información. Casi veinte años después de la sedimentación de estos lahares, se ha realizado el procesamiento digital de subescenas Landsat TM, tomadas antes y después del desastre.

Procesamiento digital de imágenes Landsat TM

Thomas Young (1773-1829) desarrolló los principios de la teoría básica de los colores. Él descubrió que proyectando la luz a través de filtros rojo, verde y azul, producía luz blanca si los tres círculos coincidían. Donde se encontraban dos de

Figura 3. Mosaico de fotografías aéreas de los alrededores de Armero, tomadas el 24 de noviembre de 1985, once días después del desastre. La línea roja delimita la superficie plana de tonos claros, generada por los flujos de escombros que sepultaron la población de Armero.



con fotografías aéreas (*figura 3*), tomadas antes y después del desastre (*figura 4*), porque el país no contaba con la infraestructura mínima para procesar imágenes de satélite, o no tenía acceso a este tipo de

estos tres colores, nuevos colores se generaban (*figura 5*): rojo y azul producen magenta, rojo y verde crean amarillo, y amarillo con verde producen cian. Igualmente, se descubrió que variando la

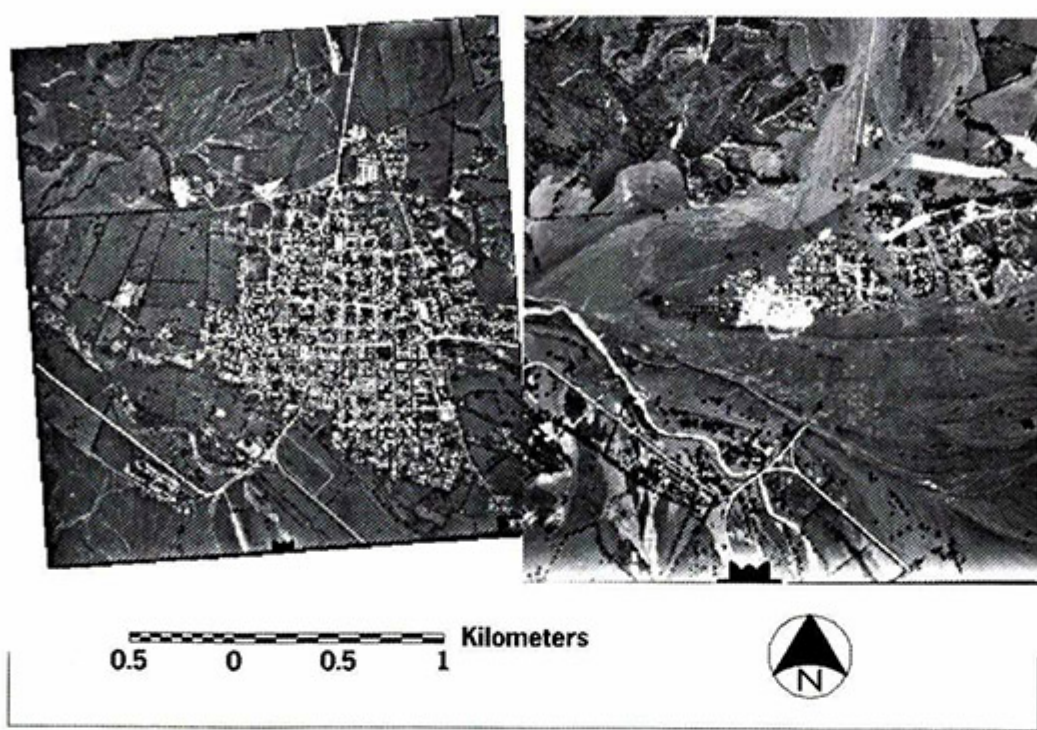


Figura 4. Comparación del casco urbano de Armero, en fotografías aéreas tomadas antes (4 de junio de 1971, izquierda) y después (24 de noviembre de 1985, derecha) de la deposición del flujo de escombros.

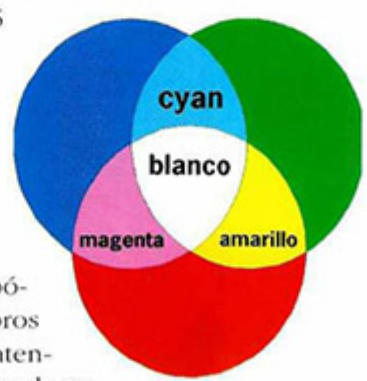
cantidad relativa de rojo, verde y azul en el área de superposición, era posible producir una enorme gama de colores, incluyendo diversos tonos para cada uno. Otra observación de Young fue que cualquiera de los tres colores iniciales, rojo, verde o azul, no podrían ser producidos con la mezcla de dos de los otros, razón por la cual les denominó colores primarios aditivos.

A partir de la información multispectral que generan la mayor parte de los sensores espaciales, pueden obtenerse distintas composiciones de color. Basta para ello aplicar cada uno de los tres colores primarios (azul, verde y rojo) a una banda distinta de la imagen, seleccionada con criterio y en el orden que se estime más oportuno. El proceso permite visualizar simultáneamente imágenes de distintas regiones del espectro electromagnético, lo que facilita la delimitación visual de los materiales que constituyen la superficie terrestre. Las composiciones en color de conjuntos de tres canales (tripletas), se constituyen en un método poderoso para sintetizar una cantidad de información

muy grande en una sola imagen que representa los datos satelitales con diferentes colores, lo cual facilita mucho su interpretación. El Landsat TM mide radiación electromagnética en, al menos, un total de siete bandas o rangos de longitud de onda: tres en el visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo lejano y una en el infrarrojo termal.

La *figura 1* es un mosaico de cuatro escenas Landsat TM en composición de color 4 en rojo, 5 en verde, 2 en azul, que muestra la ubicación del Volcán Nevado del Ruiz en la Cordillera Central de Colombia. El incluir la banda 5 (infrarrojo lejano, 1,55 – 1,75 m) en esta combinación, permite la diferenciación entre las nubes (en blanco) y la nieve (en violeta) sobre la cima del Ruiz. En la composición aplicada, el depósito de flujo de escombros aparece en color azul intenso, cubriendo el sitio donde se

Figura 5. Colores primarios aditivos, según la teoría básica de los colores de Thomas Young.



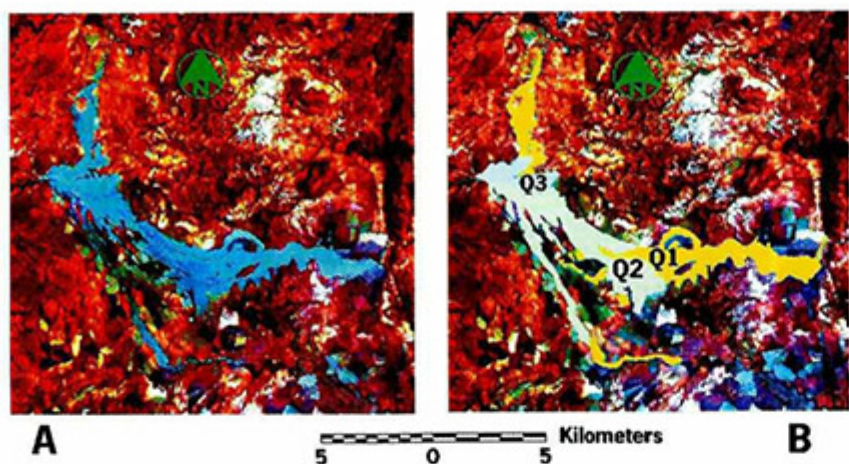


Figura 6.
A. Composición en color, 5 en rojo, 3 en verde, 2 en azul, de la sub-escena Landsat TM de los alrededores de Armero, tomada el 22 de marzo de 1988.
B. Cartografía de los tres principales flujos de escombros que sepultaron la ciudad de Armero.

localizaba la ciudad de Armero. La vegetación de la Cordillera Central se muestra en colores verdes, rojos y marrones, mientras que los suelos cultivados del valle del río Magdalena aparecen en tonos blancos, rojos y azules.

Pulsos de flujos de escombros

La figura 6A muestra los alrededores de Armero en composición de color, 5 en rojo, 3 en verde y 2 en azul. El lahar de Armero aparece en azul y la vegeta-

ción del valle del río Magdalena en rojo; en el flujo de escombros, los tonos más oscuros corresponden a material menos deshidratado, o sea, más reciente; tales tonos son criterio para diferenciar eventos de flujo en los depósitos. Los estudios regionales, al igual que el testimonio de gran número de sobrevivientes, indican que los principales eventos de flujos de escombros en Armero, sucedieron de la si-

guiente manera:

Evento 1: aconteció aproximadamente a las 23:25, como un flujo de agua fría, relativamente limpia, que alcanzó a mover vehículos en algunas calles, pero que en la mayoría de las localidades alcanzó unos pocos centímetros de profundidad.

Evento 2: a las 23:35 llegó a Armero el primer pulso del lahar, con una velocidad frontal probable de aproximadamente 12m/s. Este pulso fue el más grande, con una duración de 10 a 20 minutos.



Foto: Jairo Ramírez C. (Geociencia - Ingenierías, Bogotá).

Evento 3: sucedió a las 23:50 como un segundo pulso mayor de flujo, que duró aproximadamente 30 a 35 minutos y tuvo una velocidad de más o menos 6m/s.

Evento 4: se dio durante la siguiente hora, como series de pulsos mucho más pequeños, que según relatos de los sobrevivientes fueron de 6 a 8.

Evento 5: sucedió más o menos a la 1:00 de la mañana y fue el último pulso substancial, con una velocidad reportada de 4 a 5m/s y una duración de aproximadamente 15 minutos.

La *figura 6B* ilustra la cartografía de los tres principales pulsos del flujo de escombros de Armero. El evento 1 no tiene registro geológico. El evento 2 es cartografiado como Q1, siendo el evento más mortífero entre los que destruyeron Armero. El evento 3 tiende a presentar colores más oscuros en la composición de color (*figura 6A*), se cartografía como Q2. Las series de pulsos más pequeños del evento 4, no son distinguibles en la composición de falso color seleccionada, razón por la cual se cartografiaron como Q2. El evento 5 presenta tonos más claros y es cartografiado como Q3.

Una de las ventajas de la percepción remota es que aporta cobertura global y periódica de la superficie terrestre.

Estudio multitemporal de imágenes Landsat TM

Una de las ventajas de la percepción remota es que aporta cobertura global y periódica de la superficie terrestre. De acuerdo con las características orbitales de los satélites, podemos obtener imágenes repetitivas de la mayor parte de la tierra para intervalos de tiempo determinados, incluso de áreas que suelen ser de muy difícil acceso por otros

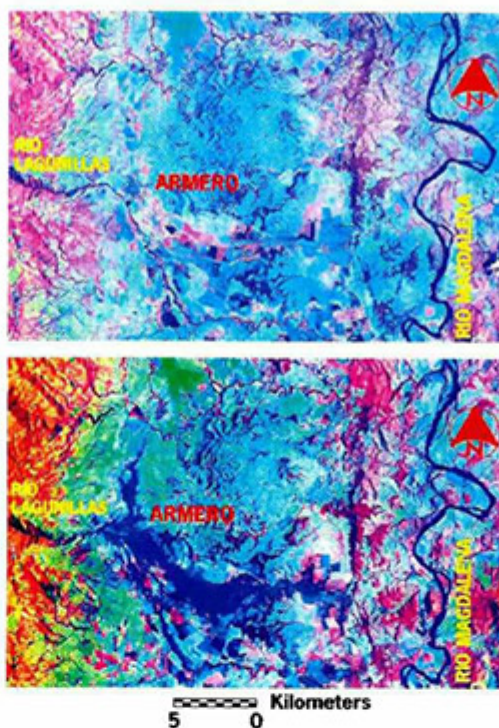


Figura 7. Sub-escenas Landsat TM de los alrededores de Armero tomadas antes (marzo 22 de 1985, arriba) y después (marzo 22 de 1988, abajo) de la deposición del lahar. Composición en color, 4 en rojo, 5 en verde, 2 en azul.

medios (zonas polares, desiertos, bosques de lluvia tropicales y páramos). Aprovechando esta ventaja del Landsat TM, fue posible observar el área de los alrededores de Armero, en sub-escenas tomadas antes y después del evento de flujo de escombros, para visualizar la magnitud de la catástrofe (*figura 7*).

El valle de Armero además de ser un área de alta amenaza volcánica, es igualmente una región de considerable valor agrícola. Los sedimentos de flujos de escombros desencadenados por el Ruiz, dentro de un proceso natural evolucionaron lenta y paulatinamente hacia un equilibrio y normalización de sus características, hasta permitir el establecimiento de una vegetación, y posteriormente aceptar una explotación agropecuaria rentable. La *figura 8* ilustra el proceso de recuperación de este material por parte de los agricultores de la región.

Algunas lecciones aprendidas de Armero

El próximo 13 de noviembre de 2005 se cumplirán 20 años de la catástrofe de Armero. Esto obliga a reflexionar en que la solución para prevenir desastres volcánicos en el futuro no puede consistir en desaparecer los asentamientos humanos y las actividades que pongan en peligro las vidas de las personas en las zonas sometidas a algún tipo de amenaza volcánica. Como ya se anotó, el crecimiento de la población exige que la gente continúe habitando regiones con amenaza volcánica alta, algunas de las cuales son de considerable valor económico. Para evitar o minimizar las consecuencias negativas de cualquier evento volcánico sobre la

población del valle de Armero, es importante seguir adelantando las siguientes acciones estratégicas:

- **No olvidar los eventos catastróficos que han sucedido en la región.** La historia demuestra que las generaciones siguientes a las tragedias de 1595 y 1845, habían olvidado los hechos, y erigieron nuevos asentamientos en áreas arrasadas previamente por los flujos de escombros. La tragedia del 13 de noviembre de 1985 fue la repetición virtual del desastre del 19 de febrero de 1845, porque tanto las 23.000 personas que murieron en 1985 como las 1.000 fallecidas en 1845, representan el 70% de la población de la región para ambas fechas.

Mejorar la comunicación entre los científicos y los políticos. La responsabilidad para ordenar acciones de respues-

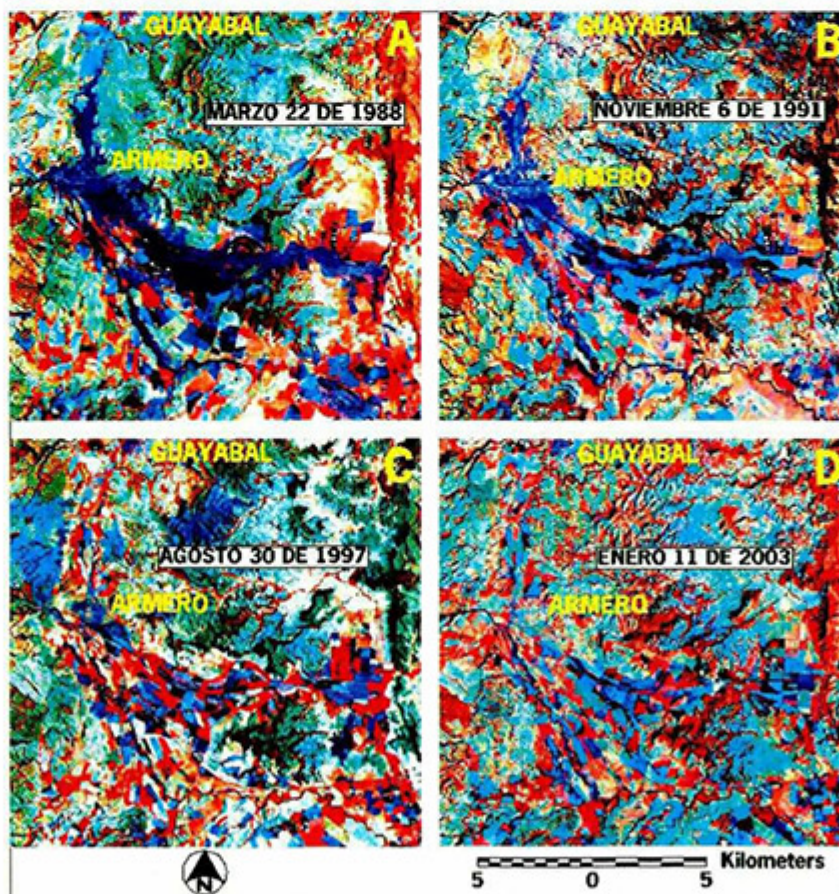
Figura 8. Sub-escenas Landsat TM tomadas después del depósito del lahar de Armero, en composición de color 4 en rojo, 5 en verde, 7 en azul.

A. En 1988, dos años y cuatro meses después del desastre, los depósitos del lahar se mantenían intactos.

B. En 1991, casi seis años después de la tragedia, la mayor parte de los depósitos habían sido recuperados para agricultura.

C. En 1997, todos los depósitos de flujos de escombros están siendo utilizados para labores agropecuarias.

D. El uso del suelo para el 2003 es muy similar al de 1997.



ta ante situaciones de amenaza volcánica, generalmente es asumida por funcionarios del gobierno, jefes de comités de emergencia o personal de la Defensa Civil. Cualquier medida que se tome siempre implicará costos sociales y económicos enormes y siempre generará gran resistencia por parte de casi todos los componentes de la comunidad local. Desafortunadamente no con mucha frecuencia se abre

volcanes son eventos geológicos de ocurrencia relativamente rara y de duración muy variable, que va desde días hasta décadas; además de esto, algunas erupciones como la de Armero, pueden ocurrir durante la noche, cuando muchos de los sistemas de percepción remota no funcionan. Sin embargo, técnicas simples de procesamiento de datos de tele-observación como las ilustradas en

El crecimiento de la población exige que la gente continúe habitando regiones con amenaza volcánica alta, algunas de las cuales son de considerable valor económico.

una ventana de comunicación significativa, entre los científicos que pronostican una catástrofe en términos probabilísticos, y los políticos pragmáticos que deben tomar las decisiones del caso.

Tomar algunas medidas sencillas de prevención coordinadas con la defensa civil, en vez de concentrar tanto esfuerzo en la predicción de una erupción. Considerando la historia eruptiva del volcán nevado del Ruiz, la presencia de un casquete glaciario en su cima, y la geomorfología de la región circundante, era obvio que todos los asentamientos humanos ubicados en las proximidades del volcán, estaban muy expuestos a amenaza por deposición de flujos de escombros. Además de esto, dichas poblaciones se ubicaban a una distancia lo suficientemente grande del glaciario, como para que una alerta emitida inmediatamente después del comienzo de la erupción, hubiera dado suficiente tiempo a los habitantes para escapar, si estos hubieran estado informados y preparados con anticipación.

Involucrar la percepción remota dentro de los programas de monitoreo de amenaza volcánica. No ha sido posible establecer sistemas de teledetección especializados en monitoreo de actividad volcánica, porque las erupciones de los

este artículo, pueden generar imágenes entendibles para la gente común, donde la situación de amenaza generada por actividad volcánica, puede ser fácilmente visualizada.

Referencias

- Mojica, J., Colmenares, F., Villarroel, C., Macía, C. & Moreno, M.: Características del flujo de lodo ocurrido el 13 de noviembre de 1985 en el Valle de Armero (Tolima-Colombia). *Historia y comentarios de los flujos de 1595 y 1845. Geología Colombiana* 14: 107-140, 1985.
- Mojica, J., Brieva, J., Villarroel, C., Colmenares, F. & Moreno, M.: Observaciones preliminares sobre flujos de lodo cuaternarios relacionados con la actividad del Volcán Nevado del Ruiz en la Región de Armero-Guayabal-Mariquita (Departamento del Tolima, Colombia). *Geología Colombiana* 14: 141-164, 1985.
- Pierson, T.C., Janda, R.J., Thouret, J.C. & Borrero, C.A.: Perturbation and melting of snow and ice by the 13 November 1985 eruption of Nevado del Ruiz, Colombia, and consequent mobilization, glow and deposition of labars. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 41: 17-66, 1990.
- Restrepo, J.D.: *Avalancha sobre Armero*. El Ancora Editores, Bogotá D.C., p. 142, 1986.
- Ujueta, G. & Mojica, J.: *Fotointerpretación y observaciones del flujo de escombros de noviembre 13 de 1985 en Armero (Tolima, Colombia)*. *Geología Colombiana* 19: 5-25, 1995.
- Villegas, H.: *Interpretación detallada y Visualización en tres dimensiones, del Flujo de Escombros de noviembre 13 de 1985 en Armero (Tolima, Colombia)*, utilizando imágenes de satélite Landsat TM 5. *Geología Colombiana* 26: 177-188, 2001.
- Villegas, H.: *La observación de la tierra desde el espacio*. *Innovación y Ciencia*, Vol. XI, No. 1: 8-13, 2003.

Efectos biológicos por exposición a *campos*

Horacio Torres-Sánchez

Profesor Titular,

Universidad Nacional de Colombia,

Director Programa de Investigación PAAS-UN.

Bogotá, Colombia.

E-mail: btorress@unal.edu.co

En la cotidianidad del ser humano moderno son familiares los hornos microondas, las máquinas eléctricas de afeitar, los computadores, las antenas de telecomunicaciones, las torres de energía eléctrica, los televisores, los teléfonos celulares. Todos estos dispositivos radian energía electromagnética, un tipo de fuerza física que puede llegar a ser perjudicial para la salud humana. El estudio y los efectos de las radiaciones electromagnéticas han generado controversias internacionales por las posiciones y planteamientos encontrados dentro de la comunidad académica. Unos



electromagnéticos

estiman que estas radiaciones tienen efectos negativos sobre el ser humano, mientras que otros niegan toda posibilidad. El tema por tratarse de salud pública, merece un debate con argumentos científicos.

El tema de los efectos biológicos por exposición a campos electromagnéticos ha sido, es y seguirá siendo, motivo de gran controversia nacional y mundial por múltiples razones: la gran complejidad del tema de investigación del cual hacen parte disciplinas y profesiones con diferente grado de desarrollo científico; razones éticas que impiden utilizar el cuerpo humano como objeto de investigación; informaciones no basadas en principios científicos; noticias de prensa mal intencionadas, tendenciosas o sensacionalistas o, en el peor de los casos, estudios científicos sesgados que prefieren publicar lo positivo que lo negativo.

Este tema obliga a universidades, ministerios, organizaciones gremiales y de normalización en Colombia a dar respuestas objetivas a la comunidad sobre los riesgos biológicos a que pueden estar expuestos por causa de estos campos electromagnéticos

El espectro electromagnético, las fuentes de radiación y sus posibles efectos biológicos

El campo electromagnético es una fuerza que actúa sobre cargas eléctricas, por tanto si la fuerza electromagnética, medida en términos de energía, es superior a la que soporta intrínsecamente una molécula (presente en todas y cada una de las partes de un cuerpo humano) puede entonces romper los enlaces químicos de la molécula y generar efectos biológicos.

En términos de posibles efectos biológicos, el espectro electromagnético se puede dividir en cuatro partes (*figura 1*).

1. La parte ionizante, donde puede haber un daño químico directo (rayos X, radiación ultravioleta lejana).

2. La parte no ionizante del espectro, que puede subdividirse en:

a. La parte de la radiación óptica, donde puede darse la excitación del electrón (ultravioleta cercano, luz visible y luz infrarroja).

b. La parte donde la longitud de onda es más pequeña que el cuerpo, y puede haber calentamiento a través de corrientes inducidas (microondas y radiación en radiofrecuencias de alta frecuencia).

c. La parte donde la longitud de onda es mucho mayor que el cuerpo y el calentamiento por corrientes inducidas ocurre en raras ocasiones (radiación en radiofrecuencias de baja frecuencia, campos de frecuencia industrial y campos estáticos).

En general, las fuentes electromagnéticas producen tanto energía radiante (radiación) como no radiante (campos). La radiación parte desde su fuente y continúa existiendo incluso cuando se apaga la misma. Por el contrario, existen algunos campos eléctricos y magnéticos alrededor de una fuente electromagnética que no son proyectados al espacio y que dejan de existir cuando la fuente de energía se apaga.

Para que una antena sea una fuente eficiente de radiación debe tener una longitud comparable a su longitud de onda. La longitud de onda λ se define como:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

donde c es la velocidad de la luz (300 m/ μ seg.) y f la frecuencia medida en Hz.

Por ejemplo, los campos de "frecuencia industrial" en Colombia, generados por las líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica, varían 60 veces por segundo (60 Hz) y tienen una longitud de onda de 5.000 Km. Las emisiones de radio en AM tienen una frecuencia alrededor de 10^6 (1.000.000) Hz y una longitud de onda de alrededor de 300 m. Los hornos de microondas tienen una frecuencia de $2,54 \times 10^9$ Hz y una longitud de onda de aproximadamente 12 cm. Los rayos X tienen frecuencias superiores a 10^{15} Hz y longitudes de onda menores de 100 nm.

Campos electromagnéticos de frecuencia industrial

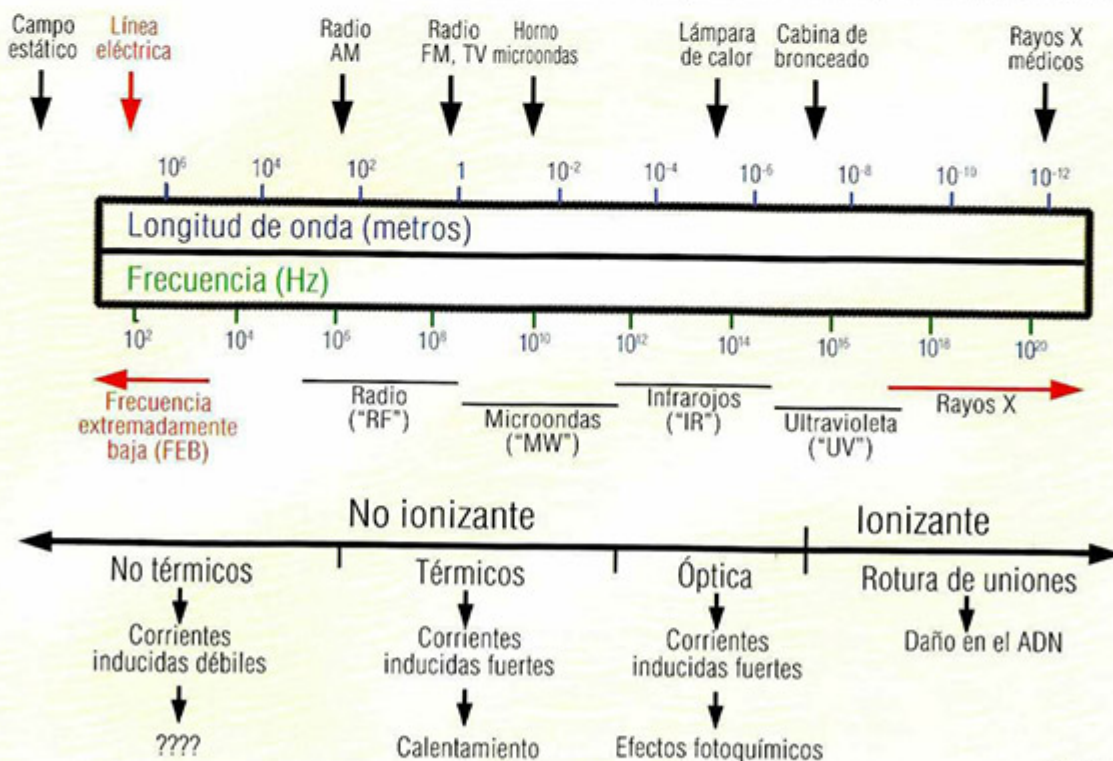
Las fuentes de frecuencia industrial son, claramente, demasiado cortas comparadas con su longitud de onda (5.000 Km.) para ser fuentes eficientes de radiación. Los cálculos muestran que la potencia típica máxima radiada por una línea aérea de transmisión de energía eléctrica sería menor de $0,0001 \mu\text{Watio}/\text{cm}^2$, comparado con los $0,2 \mu\text{Watos}/\text{cm}^2$ que la Luna llena deposita en la superficie terrestre en una noche clara.

En términos generales, los efectos de corto plazo de las líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica y artefactos domésticos no presentan ningún problema por campos electromagnéticos para el público en general. La mayoría de los científicos que han trabajado sobre este tema consideran que la evidencia de que los campos de las líneas de transmisión de energía eléctrica causen o contribuyan al cáncer es débil. Además, los estudios que muestran una relación entre cáncer y líneas de transmisión de energía eléctrica no proporcionan ninguna directriz consistente sobre qué distancia o nivel de exposición podría estar asociado con un incremento en la incidencia de cáncer. En el

área epidemiológica, más estudios del mismo tipo es poco probable que aporten algo más al conocimiento.

En general, los campos o corrientes inducidas en el organismo por campos eléctricos o magnéticos de frecuencia industrial son demasiado débiles para ser nocivos; y las normas de seguridad establecidas están para proteger a las personas de la exposición a campos de frecuencia industrial que puedan inducir corrientes peligrosas^{1,2,3}. Estas normativas de seguridad para campos (al contrario de las que protegen contra descargas por contacto con los conductores) se establecen para limitar las corrientes inducidas en el cuerpo a niveles por debajo de los que se dan de forma natural en el cuerpo. Los bien conocidos riesgos de la energía eléctrica, descargas y quemaduras, generalmente precisan que el sujeto entre en contacto directo con una superficie cargada (por ejemplo, un conductor cargado y el suelo), permitiendo que la corriente pase directamente por el cuerpo.

Figura 1.
Espectro
electromagnético.



QUE Moulder

en el material genético de la célula, el ADN. Daños importantes en el ADN pueden matar a las propias células, quedando el tejido dañado o muerto. Daños menores en el ADN pueden provocar cambios permanentes en las células que pueden conducir al cáncer. Si estos cambios suceden en las células

servidumbre los campos estarán entre 0,1-1,0 μT y 100-1.000 V/m. A diez metros de una línea de distribución de 11,4 kV los campos estarán entre 0,2-1,0 μT y 2-20 V/m. Los campos magnéticos dependen de la distancia, la tensión, el diseño y la intensidad de corriente; los campos eléctricos solo se ven afectados

Todos los riesgos conocidos para la salud humana por la exposición a la parte ionizante del espectro electromagnético son el resultado de la ruptura de los enlaces químicos en el ADN.

reproductoras pueden originar cambios hereditarios (mutaciones).

Todos los riesgos conocidos para la salud humana por la exposición a la parte ionizante del espectro electromagnético son el resultado de la ruptura de los enlaces químicos en el ADN. A frecuencias inferiores al ultravioleta lejano no hay daños en el ADN, porque los fotones no tienen la suficiente energía para romper los enlaces químicos. Existen normas de seguridad aceptadas para prevenir daños significativos en el material genético de las personas expuestas a la radiación electromagnética ionizante.

El principal mecanismo por el cual la radiación en radiofrecuencias y las microondas producen efectos biológicos es por calentamiento (efectos térmicos). Este calentamiento puede matar células. Si mueren suficientes células se pueden producir quemaduras y, posiblemente, otros daños permanentes en los tejidos. Las células que no mueren por el calor vuelven gradualmente a su estado normal cuando cesa el calentamiento; no se conocen daños no letales permanentes en las células. En un animal, pueden esperarse daños en los tejidos y otros efectos inducidos térmicamente cuando la cantidad de energía absorbida por el animal es similar, o excede, a la cantidad de calor generada por los procesos corporales normales. Algunos de estos efectos térmicos son muy sutiles y no representan riesgos biológicos.

Valores típicos de los campos electromagnéticos en el medio ambiente

Dentro de la zona de servidumbre de una línea de transmisión de energía eléctrica de alta tensión (115-500 kV) los campos pueden alcanzar 10 μT (microteslas) y 10.000 V/m (voltios metro). En el borde de la zona de

servidumbre los campos estarán entre 0,1-1,0 μT y 100-1.000 V/m. A diez metros de una línea de distribución de 11,4 kV los campos estarán entre 0,2-1,0 μT y 2-20 V/m. Los campos magnéticos dependen de la distancia, la tensión, el diseño y la intensidad de corriente; los campos eléctricos solo se ven afectados

por la distancia, la tensión y el diseño (no por el flujo de corriente)⁴. Dentro de las viviendas los campos pueden variar desde 150 μT y 200 V/m a pocos centímetros de determinados electrodomésticos, hasta menos de 0,02 μT y 2 V/m en el centro de muchas habitaciones. Los electrodomésticos que tienen los campos magnéticos más altos son aquéllos que necesitan una alta intensidad de corriente (por ejemplo, aspiradoras, hornos de microondas, lavadoras, batidoras, abrelatas, afeitadoras eléctricas)⁵. Los relojes y radio relojes eléctricos, que se decía eran fuentes importantes de exposición nocturna para los niños, no tienen un campo magnético especialmente elevado (0,04-0,06 μT) a 50 cm. Los campos de los electrodomésticos disminuyen rápidamente con la distancia. De los electrodomésticos estudiados en casas británicas, sólo los hornos microondas, las lavadoras y abrelatas generaban campos superiores a 0,2 μT medidos a 1 metro de distancia.

En el año 2002, un análisis de los niveles de campo de frecuencia industrial en escuelas de primaria de España halló una mediana en las aulas de 0,012 μT con un máximo de 0,88 μT . En los patios de recreo la mediana era 0,0095 μT y el máximo era 0,46 μT .

Como los campos eléctricos de las líneas eléctricas tienen poca capacidad de penetrar en los edificios, hay muy poca correlación entre campos eléctricos y magnéticos dentro de las casas. En particular, mientras que los campos magnéticos en el interior de edificios situados cerca de líneas eléctricas están aumentados, los campos eléctricos no parecen ser igualmente elevados.

Se han observado exposiciones laborales superiores a 100 μT y 5.000 V/m (por ejemplo, en soldadura al arco y montadores de cables).



En los trabajos "eléctricos" normales la exposición media varía desde 0,5 a 4 μ T y 100-2.000 V/m. La exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial en ambientes laborales está muy poco correlacionada.

Sería muy pertinente que alguno de los ministerios de salud o energía y universidades colombianas tomaran la iniciativa para llevar a cabo un plan nacional de mediciones de campos electromagnéticos en sitios laborales, escolares y de concentración humana, para así, mediante comparación con recomendaciones internacionales, se tenga la certeza sobre el nivel de riesgo de exposición humana a estos campos.

Conclusiones científicas

Un problema inherente a muchos de los estudios epidemiológicos es la dificultad de obtener un grupo "control" que sea idéntico al grupo "expuesto" en todas las características relacionadas con la enfermedad, excepto en la exposición. Esto es muy difícil de hacer en enfermedades como la leucemia y los tumores cerebrales, en las cuales los factores de riesgo son muy poco conocidos. Una complicación adicional radica en que, a menudo la gente tiene que dar su consentimiento para ser incluidos en el grupo de control de un estudio y se sabe que la participación en estudios depende de factores (tales como el nivel socioeconómico, la raza y la profesión) que están relacionados con diferencias en las tasas de cáncer.

Una revisión llevada a cabo en 1996 por un grupo de importantes científicos de la Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos concluyó que: "Ninguna evidencia concluyente y consistente muestra que la exposición residencial a campos eléctricos y magnéticos produzca cáncer, efectos neurocomportamentales adversos o efectos sobre la reproducción y el desarrollo."⁶

Una revisión de 1999 por parte del Instituto Nacional de la Salud (*National Institute of Health*) de Estados Unidos concluyó: "La evidencia científica que sugiere que la exposi-

ción a campos electromagnéticos de frecuencia industrial supone algún riesgo para la salud es débil".

Una revisión de 2001 elaborada por el Consejo Nacional de Protección Radiológica (*National Radiation Protection Board, NRPB*) del Reino Unido concluyó: "Los estudios experimentales de laboratorio no han proporcionado una buena evidencia de que los campos electromagnéticos de frecuencia industrial sean capaces de producir cáncer y los estudios epidemiológicos tampoco sugieren que causen cáncer en general."⁷

Una revisión de la literatura epidemiológica por parte de la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante, ICNIRP, concluye: "En ausencia de evidencias de los estudios en células o animales y dadas las incertidumbres metodológicas y, en muchos casos, inconsistencias de la literatura epidemiológica existente, no hay ninguna enfermedad crónica para la cual haya una relación etiológica (causal) con campos de frecuencia industrial que pueda considerarse establecida."⁸

Los mayores estudios sobre leucemia infantil y líneas eléctricas jamás realizados informaron en 1997-2000 que no podían encontrar ninguna evidencia significativa de una asociación entre líneas eléctricas y leucemia infantil. Por el contrario, un par de estudios publicados en 2000^{9,10} informaron que si se combinaran todos los estudios en los que se pudo medir o estimar el campo magnético, se podría encontrar una asociación estadísticamente significativa entre leucemia infantil y el promedio de campo más elevado.

Por otro lado, una serie de estudios han mostrado que la exposición de animales durante toda su vida a campos magnéticos de frecuencia industrial no produce cáncer.¹¹ En general, la mayoría de los científicos consideran que la evidencia de que los campos de las líneas de transmisión de energía eléctrica causen o contribuyan al cáncer es débil.

Normalización sobre exposición a campos electromagnéticos

En Colombia, el Comité Técnico 129 – Compatibilidad Electromagnética del Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC ha comenzado a trabajar desde el año 2003 en la normalización sobre efectos biológicos por

campos electromagnéticos. Sin embargo, organizaciones profesionales y gubernamentales de diferentes países del mundo han publicado recomendaciones de exposición que deben servir de base para el trabajo de normalización y regulación en Colombia. Las más relevantes son las emitidas por el Consejo Nacional de Protección Radiológica del Reino Unido (National Radiological Protection Board, NRPB-UK),¹² la Comisión Internacional de Protección Contra la Radiación No Ionizante (*International Commission on Non Ionizing Radiation Protection*, ICNIRP)¹³, y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, ACGIH)¹⁴.

Asociaciones Colombianas de Ingenieros como ACIEM han destacado, a través de comunicados, la importancia de reglamentar la exposición de los colombianos a las radiaciones electromagnéticas, al considerarla una cuestión de salud pública nacional y proponen adoptar algunas estrategias como:

Adelantar las acciones necesarias ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT para adoptar, sin modificación alguna, las estipulaciones establecidas en la recomendación UIT-TK.52,

ya que dicha norma está basada en los límites de seguridad proporcionados por la ICNIRP (*International Commission on Non Ionizing Radiation Protection*), ente asesor de la Organización Mundial de la Salud - OMS, la Organización del trabajo - OIT y la Unión Europea - UE.

Las recomendaciones de exposición a campos de frecuencia industrial para público en general son:

- ICNIRP
- 50 Hz: 100 μ T (1 G) y 5 kV/m
- 60 Hz: 84 μ T (0,84 G) y 4,2 kV/m

Este documento también contiene recomendaciones para otras frecuencias.

- NRPB-UK:
- 50 Hz: 1.600 μ T (16 G) y 12 kV/m
- 60 Hz: 1.330 μ T (13,3 G) y 10 kV/m

Este documento también contiene recomendaciones para otras frecuencias.

Las recomendaciones de exposición a campos de frecuencia industrial para trabajadores:

- NRPB-UK:
- 50 Hz: 1.600 μ T (16 G) y 12 kV/m

- 60 Hz: 1.330 μ T (13,3 G) y 10 kV/m

Este documento también contiene recomendaciones para otras frecuencias.

- ACGIH:
- A 60 Hz: 1.000 μ T (10 G)

Este documento también contiene recomendaciones para otras frecuencias.

- ICNIRP:
- 50 Hz: 500 μ T (5 G) y 10 kV/m
- 60 Hz: 420 μ T (4,2 G) y 8,3 kV/m

Este documento también contiene recomendaciones para otras frecuencias.

El 15 de junio de 1999, el Instituto Nacional de Ciencias de la Salud y el Medio Ambiente de Estados Unidos (NIEHS) hizo público el informe para el Congreso de Estados Unidos: "Efectos sobre la salud de la exposición a campos eléctricos y magnéticos generados por las líneas de transmisión de energía eléctrica".¹⁵

En relación a posibles acciones regulatorias, el informe del NIEHS para el Congreso indica:

El NIEHS sugiere que el nivel y la fuerza de la evidencia que apoya que la exposición (a campos de frecuencia industrial) es un peligro para la salud humana, son insuficientes

Entre tanto no está por demás tomar algunas medidas preventivas como:

para justificar acciones regulatorias agresivas; por lo tanto, no recomendamos acciones como una normativa estricta sobre electrodomésticos y un programa nacional para enterrar todas las líneas de transporte y distribución. En su lugar, la evidencia sugiere medidas pasivas como un énfasis continuado en la educación tanto del público como de la comunidad de cara a una reducción de la exposición. El NIEHS sugiere que la industria eléctrica continúe con sus prácticas actuales al instalar líneas eléctricas para reducir la exposición y continúe investigando maneras de reducir la generación de campos magnéticos alrededor de las líneas de transporte y distribución sin crear nuevos riesgos. También alentamos el uso de tecnologías que reduzcan la exposición debida

- Utilizar permanentemente 'manos libres' en el uso del celular.
- No utilizar o acercarse al celular a personas usuarias de marcapasos.
- No utilizar televisores de grandes dimensiones en habitaciones pequeñas.
- Mantener una distancia prudente al momento de retirar alimentos del horno microondas.
- No tener terminales celulares en uso cerca de personas con epilepsia, en centros médicos cercanos a equipos electrónicos sensibles, centros geriátricos, clínicas u hospitales.

a líneas de distribución locales, siempre que no se incrementen otros riesgos, como los de electrocución accidental o fuego.

En julio de 2001, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) anunció que clasificaría a los campos magnéticos de frecuencia industrial en la clase 2B, como un "posible cancerígeno". Los campos eléctricos de frecuencia industrial y los campos eléctricos y magnéticos estáticos se clasificaron como clase 3, "inclasificables".

Puesto que no se ha probado que exista un peligro para la salud de las personas por la exposición residencial a campos de frecuencia industrial, es imposible definir de forma racional una distancia de seguridad o un nivel de exposición seguro. Para desarrollar una norma de seguridad racional (basada en evidencias científicas) es necesario que exista un peligro específico confirmado o muy sospechoso del que haya que proteger a las personas.

A la fecha no existe ninguna norma internacional o nacional donde se fije la distancia mínima para permitir viviendas en cercanías a torres para líneas de transmisión de energía eléctrica de alta o extra alta tensión, como tampoco para otras tensiones que garantice la integridad física de las personas u otros seres vivos ante la presencia de rayos. Sin embargo, el conocimiento empírico de ingenieros expertos en diseño y operación de líneas de transmisión consideran una distancia de 80 metros de radio del centro de la torre como distancia de seguridad.

Para el caso colombiano, la Resolución CREG 025 - 1995 recomienda para Líneas a 230 kV., servidumbre de 16 metros a lado y lado del eje de la línea (sobre este eje se encuentra el centro de la torre) y para líneas a 500 kV., 32 metros. Posteriormente, la Resolución CREG 098 de 2000, aplicable a las líneas diseñadas y construidas con posterioridad a diciembre 28 de 2000, definió que el ancho de la faja de servidumbre requerida debe ser establecido por el propietario de la línea, ajustado con base en los niveles de radio interferencia (acordes con regulaciones de la IRPA), evaluados para las condiciones específicas del corredor de la línea.

La controversia pública sobre campos electromagnéticos y salud continuará hasta que las futuras investigaciones demuestren de forma concluyente que los campos son peligrosos o hasta que el público asuma que la

ciencia no puede garantizar la seguridad absoluta y que cada desarrollo tecnológico trae beneficios pero también riesgos para la salud humana. Corresponde por tanto a las universidades, a los organismos gubernamentales, de normalización, de regulación y de control, la responsabilidad ética de investigar, normalizar, regular y controlar estos posibles riesgos.

Referencias:

1. Restriction on human exposures to static and time varying EM fields and radiation. Documents of the NRPB 4(5): 1-69, 1993.
2. Sub-radiofrequency (30 kHz and below) magnetic fields. Documentation of the threshold limit values. ACGIH, pp. 55-64, 1994.
3. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys 74:494-522, 1998.
4. W.T. Kaune: Assessing human exposure to power-frequency electric and magnetic fields. Environ Res 101 (Suppl 4):121-133, 1993.
5. A.W. Preece y col.: Magnetic fields from domestic appliances in the UK. Phys Med Biol 42:67-76, 1997.
6. En 1991, el Congreso de Estados Unidos pidió a la Academia Nacional de las Ciencias que revisara la literatura sobre los posibles riesgos para la salud de la exposición residencial a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial. En respuesta, el Consejo Nacional de Investigación, la rama de investigación de la Academia Nacional de las Ciencias, organizó un comité de epidemiólogos, biólogos, químicos y físicos expertos en cáncer, toxicología reproductiva y efectos neurobiológicos.
7. ELF Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer. Doc NRPB, 12, 2001.
8. A. Ahlbom, E. Gardis y col.: Review of the epidemiologic literature on EMF and health. Environ Health Perspec 109:911-933, 2001.
9. A. Ahlbom, N. Day y col.: A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. Brit J Cancer 83:692-698, 2000.
10. S. Greenland, A.R. Sheppard y col.: A pooled analysis of magnetic fields, wirecodes, and childhood leukemia. Epidemiology 11:624-634, 2000.
11. A. Bellosi: Effect of pulsed magnetic fields on leukemia-prone AKR mice. No effect on mortality through five generations. Leuk Res 15:899-902, 1991.
12. Restriction on human exposures to static and time varying EM fields and radiation. Documents of the NRPB 4(5): 1-69, 1993.
13. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys 74:494-522, 1998.
14. Sub-radiofrequency (30 kHz and below) magnetic fields. Documentation of the threshold limit values. ACGIH, pp. 55-64, 1994.
15. El informe está disponible en: http://www.niehs.nih.gov/emf/rapid/html/EMF_DNR_RPT/Report_18j.htm



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

Innovación y Ciencia

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

FECHA DE SUSCRIPCIÓN

DIA/ MES/ AÑO/

»cupón de suscripción.

SUSCRIPCIÓN POR UN AÑO,
4 EJEMPLARES,
A PARTIR DEL NÚMERO:

Suscripción anual \$36.000 oo - Precio: número regular \$9.500 oo, edición especial \$12.500 oo - Asociado ACAC: gratuita

NOMBRE

CC O NIT

DIRECCIÓN

TELÉFONO

CIUDAD

CORREO ELECTRÓNICO

FAX

PROFESIÓN

ESPECIALIDAD

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO

TARJETA DE CRÉDITO DINERS #

Credibanco y Credencial se reciben directamente en nuestra oficina.

CHEQUE

Consignación a nombre de «Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia» en:
Banco de Occidente, cta. # 26880746-8 - Banco Agrario, cta. # 0230-002930-5 - Banco Popular, cta. # 160-203196
Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax:

VENCE

CUOTAS

NÚMERO DE SEGURIDAD

ACEPTO RENOVACIÓN AUTOMÁTICA

SI
NO

o por correo a la sede
de ACAC en Bogotá

(1) 2216950

FIRMA

Alcaloides

¿Dónde y cómo se producen en las plantas?

Pedro J. Rocha Salavarieta

Biólogo, Ph.D.,

Investigador Titular, Cenipalma.

E-mail: pedrojrochasalav@botmail.com



Las plantas producen alcaloides, muchos de ellos tóxicos para insectos y otros organismos, posiblemente como respuesta adaptativa a la enorme presión evolutiva del medio ambiente (Rocha, 2002). Los alcaloides se derivan de precursores no tóxicos, generalmente aminoácidos, los cuales son modificados químicamente mediante la acción de enzimas que actúan de manera altamente regulada y están ubicadas en organelos celulares específicos.

Por lo general, las modificaciones químicas (hidroxilaciones, metilaciones, etc.) llevadas a cabo por las enzimas permiten cambiar las propiedades físico-químicas y biológicas de las moléculas precursoras. Por ejemplo, un compuesto inofensivo sintetizado en una planta puede sufrir una pequeña modificación química por parte de una enzima particular y producir una sustancia tóxica incluso para la misma planta que lo produce. Como un mecanismo para protegerse de la toxicidad de sus propios compuestos, las plantas restringen la producción, la acumulación y la secreción de tales moléculas nocivas a determinados órganos, células y compartimentos subcelulares.

En el interior de organelos tales como cloroplastos, retículo endoplasmático, vesículas especializadas y vacuolas, se generan ambientes favorables para llevar a cabo reacciones exclusivas de una ruta metabólica particular. Además, se evitan reacciones químicamente opuestas entre sí y se concentran las moléculas intermediarias de rutas metabólicas específicas. Por lo general, los compuestos solubles en agua son almacenados en las vacuolas mientras que las sustancias lipofílicas (insolubles en agua) son mantenidas en las membranas tilacoidales, en el retículo endoplasmático y/o en vesículas (Wink y Roberts, 1998). La interacción entre estos compartimentos intracelulares se alcanza a través de la alta permeabilidad selectiva de las membranas que los conforman. Así, un número limitado de compuestos intermediarios puede ser transportado de un compartimiento a otro y de un tipo de célula a otro.

El movimiento extracelular de los metabolitos ha sido estudiado desde hace varias décadas en experimentos con esquejes de plantas, cultivos hidropónicos y trazadores químicos y radioactivos, entre otros. Tales experimentos han permitido establecer que los sitios de síntesis de alcaloides (o sitios fuente) están generalmente alejados de los sitios de acumulación. Aparte de acumularse en raíces, hojas y frutos, los alcaloides se pueden acumular en ductos resiníferos, laticíferos, pelos glandulares, tricomas o en la cutícula (Wink y Roberts, 1998). Recientemente, el transporte intercelular ha sido estudiado en detalle con técnicas de inmunodetección y ha permitido ubicar algunas enzimas involucradas en la producción de alcaloides en tejidos particulares. Por ejemplo, utilizando estas técnicas se ha localizado la síntesis de alcaloides indol-terpenoides en hojas jóvenes, raíces y flores de *Catbarantbus roseus* (St Pierre *et al.*, 1999), la síntesis de alcaloides tropano en raíces de especies de la familia *Solanaceae* (Suzuki *et al.*, 1999a, 1999b; Nakajima y Hashimoto, 1999) y la síntesis de alcaloides benzilisoquinilínicos en opio (*Papaver somniferum*) en el citoplasma de

laticíferos especializados que acompañan a los tejidos vasculares a lo largo de planta (Weid *et al.*, 2004; Bird *et al.*, 2003). La información relacionada con la localización y almacenamiento de metabolitos como los alcaloides es de enorme importancia para el desarrollo de la biotecnología de plantas medicinales y aromáticas; pues las especificidades en cuanto a sitios de producción, transporte y almacenamiento pueden ser responsables, en gran medida, del éxito o fracaso en la implementación de métodos biotecnológicos tales como el uso de biorreactores o de transformación genética con miras a incrementar el contenido endógeno o a generar nuevos metabolitos.

Localización de alcaloides tropano en algunas especies de la familia *Solanaceae*

Los alcaloides tropano son un grupo de alcaloides que comprende compuestos tales como la higrina, tropinona, hiosciamina (o atropina), escopolamina, cocaína, etc. Todos ellos derivados del metabolismo de los aminoácidos arginina u ornitina. (Figura D). La ruta biosintética de la hiosciamina y la escopolamina ha sido relativamente bien estudiada. Algunas de las enzimas que participan en la biosíntesis han sido bien caracterizadas y sus respectivos genes están disponibles para manipulación (Rocha, 2002). Aplicando técnicas de inmunolocalización, hibridación *in situ* y análisis de expresión de genes (conocido como *northern blot*) se ha demostrado la ubicación de los genes que codifican para las enzimas putrescina metil transferasa (PMT), hiosciamina 6b-hidroxisilasa (H6H) y tropinona reductasa I y II (TR-I y TR-II) en raíces de *Hyoscyamus niger* y *Datura stramonium* (Suzuki *et al.*, 1999a, 1999b; Nakajima y Hashimoto, 1999). Los resultados de estos experimentos sugieren que, en Solanaceas, los precursores iniciales de los alcaloides tropano y otros alcaloides relacionados, tales como la nicotina, son sintetizados en la raíz (Figura D). Además, se ha demostrado que algunas etapas de la ruta

biosintética de los alcaloides tropano se presentan de manera exclusiva en diferentes tejidos celulares de la raíz (periciclo, endodermis y corteza) lo cual implica transporte de moléculas precursoras de un tejido a otro (Suzuki *et al.*, 1999a, 1999b; Nakajima y Hashimoto, 1999) y movimiento de los productos finales desde la raíz hacia las partes aéreas de las plantas vía floema o xilema. Sin embargo, no se ha dilucidado aun el mecanismo por el cual estos alcaloides no son tóxicos para la planta. Posiblemente exista un transporte a través de proteínas, vesículas especializadas o complejos químicos (por ejemplo, con compuestos fenólicos).

Localización de cocaína en *Erythroxylum*

La distribución de algunos alcaloides tropano como la cocaína y la posible localización de su ruta biosintética dentro de la planta han sido estudiadas en *Erythroxylum coca* y *E. novogranatense*. Se ha encontrado cocaína en raíces, tallos, hojas y frutos maduros de estas especies (Ferreira *et al.*, 1998; Johnson, 1995; Wink y Roberts, 1998). Sin embargo, no se ha reportado presencia

de cocaína en tejidos verdes inmaduros. Observaciones microscópicas han encontrado altas concentraciones de este alcaloide en el mesófilo de las hojas, incluyendo capas de células de los parénquimas de empalizada, esponjoso y vascular junto con algunas células del tejido colenquimatoso (Figura 2). No se han encontrado alcaloides tropano en la epidermis de la planta de coca (Ferreira *et al.*, 1998; Johnson y Ehlsoy, 1991). Estos resultados, junto con otros reportes (revisado por Johnson, 1995), indican que los cloroplastos intervienen en la biosíntesis de sustancias tales como la cocaína, metil egonina, cinamoilcocaínas y de sus precursores en *Erythroxylum*, a diferencia de la síntesis de nicotina y de escopolamina, que a pesar de poseer precursores comunes con la síntesis de cocaína, son alcaloides producidos en las raíces de *Nicotiana tabacum* y *Atropa belladonna*, respectivamente. Estudios de inmunolocalización han demostrado la presencia de cocaína dentro de las vacuolas de las células de tejidos parenquimatosos. Como consecuencia, Ferreira y colaboradores (1998) proponen la existencia de un complejo vacuolar formado por un "núcleo" de compuestos fenólicos rodeado por

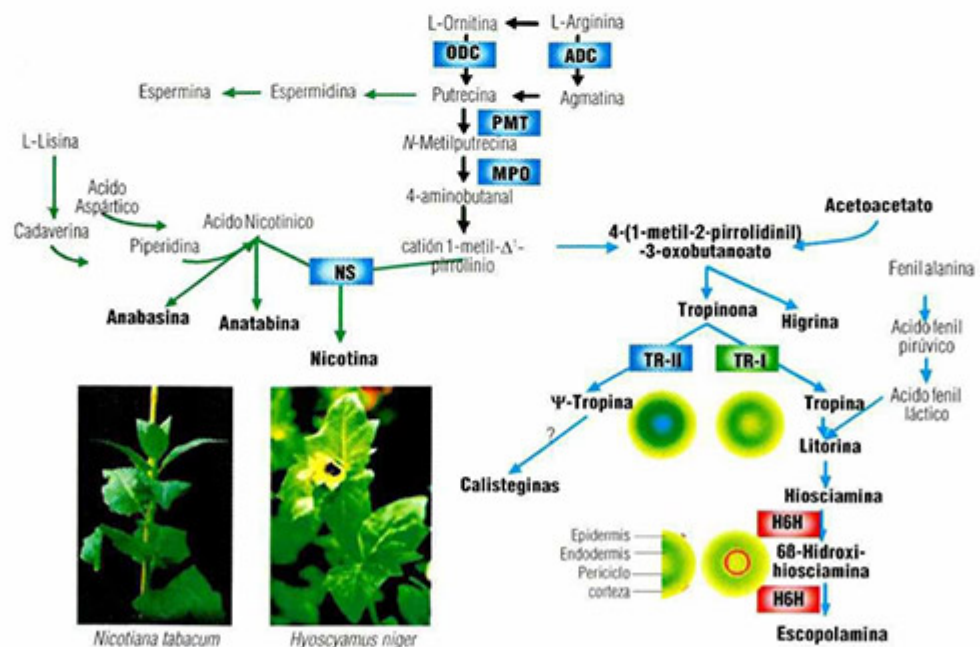


Figura 1. Localización de algunas de las enzimas de la ruta biosintética de los alcaloides tropano en Solanaceae. Adicionalmente, se presenta la ruta de síntesis de la nicotina y de las poliaminas.

cocaína y otros alcaloides relacionados (Figura 2).

Localización de alcaloides Indol-Terpenoides en *C. roseus*

La planta *C. roseus* produce más de 120 alcaloides, entre los cuales se cuentan la ajmalicina, la serpentina, la vinblastina y la vincristina; los dos últimos empleados como agentes quimioterapéuticos de enorme efectividad (Rocha, 2002). Vinblastina y vincristina son alcaloides altamente tóxicos debido a que se unen de manera específica a la tubulina, desestabilizando los microtúbulos, y como consecuencia alterando la mitosis y otras funciones vitales. Posiblemente sea debido a su alta toxicidad fisiológica que la vinblastina y la vincristina son sintetizadas en muy bajas concentraciones en la planta (0,0005% del peso seco).

Vinblastina y vincristina son dos moléculas muy complejas pertenecientes al grupo de los alcaloides indol-terpenoides. La ruta biosintética de esta familia de alcaloides está altamente compartimentalizada a nivel subcelular (Figura 3). Por ejemplo, las dos etapas del metabolismo primario que conducen a la formación de los precursores triptamina y geraniol parecen estar presentes en plastidios, en especial cloroplastos (Linchtenthaler *et al.*, 1997). El sitio de síntesis de la ruta de la secologanina permanece desconocido aunque se considera que

puede ser la vacuola, debido a que algunas de las enzimas, por ejemplo, la geraniol 10-hidroxilasa (G10H) y la S-adenosil-L-metionina: ácido logánico metil transferasa (LAMT), involucradas en la síntesis de sus precursores se encuentran asociadas con membranas vacuolares. La enzima triptófano decarboxilasa (TDC) se encuentra en el citosol, la estrictosidina sintasa (STR1) dentro de la vacuola y la estrictosidina glucosidasa (SGD) en el retículo endoplasmático (Stevens *et al.*, 1993). El paso de ajmalicina a serpentina es catalizado por una peroxidasa vacuolar. La biosíntesis de la catarantina ocurre en el citosol, mientras que la de la vindolina se localiza en los tilacoides del cloroplasto y en el citosol (De Luca y Cutler, 1987).

Aparte del alto grado de compartimentalización subcelular de la ruta, se ha demostrado que existe una alta especificidad a nivel celular (De Luca y St Pierre, 2000). Estudios inmunológicos y moleculares llevados a cabo en plántulas de *C. roseus* (St Pierre *et al.*, 1999) han demostrado de manera contundente que las enzimas TDC y STR1, junto con sus correspondientes genes, están localizados en la epidermis de hojas, tallos y botones florales. Además están presentes en la mayoría del protoderma y en células corticales alrededor del meristemo apical de las raíces (Figura 4). Por su parte, las enzimas deacetilvindolina 4-hidroxilasa (D4H) y

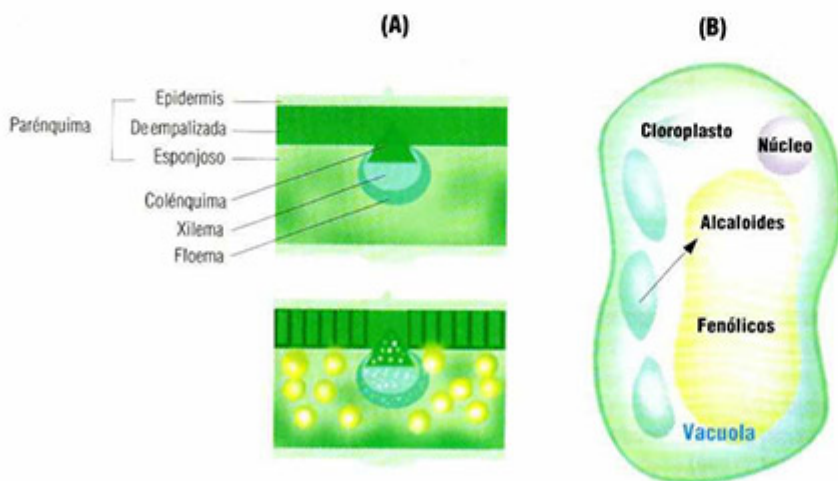
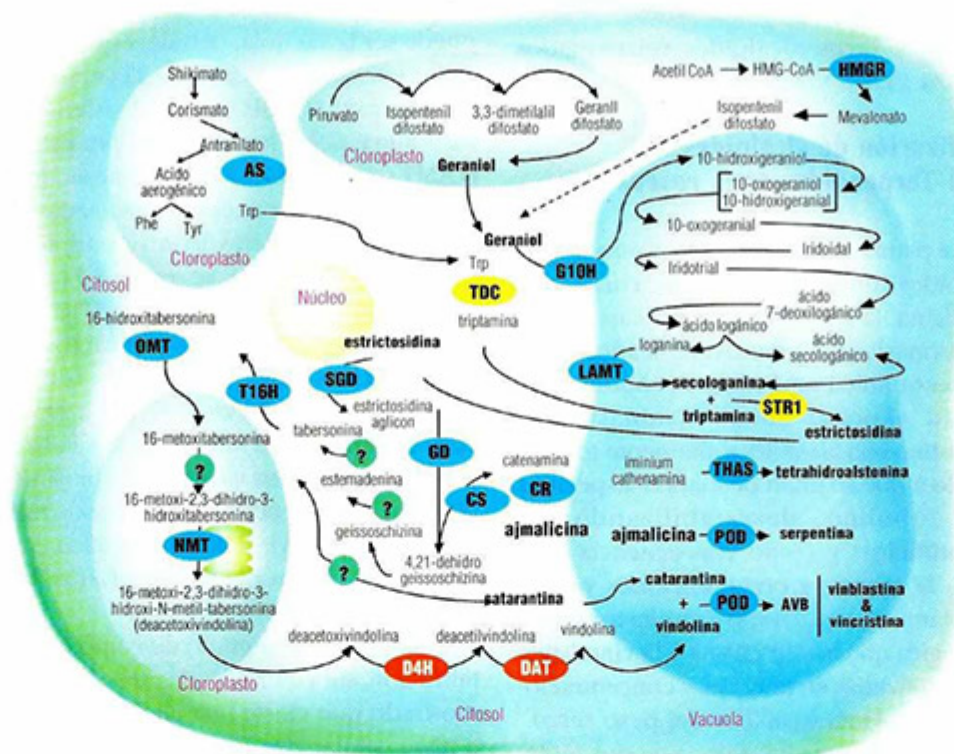


Figura 2. Representación esquemática de la acumulación de alcaloides en hojas de *Erythroxylum*. (A) Distribución de los alcaloides en la anatomía foliar. La acumulación de alcaloides se representa en color amarillo. (B) Detalle de la ubicación de los alcaloides alrededor de un núcleo de complejos fenólicos en las vacuolas (según hipótesis de Ferreira *et al.*, 1998). La flecha indica la posible migración desde el sitio fuente (cloroplastos) hacia el sitio de almacenamiento (vacuola).

Figura 3.
Esquema de la compartimentalización de varios pasos de la biosíntesis de alcaloides indolterpenoides en células de *Catharanthus roseus*. No todas las rutas están presentes en una misma célula.



deacetilvindolina 4-O-acetiltransferasa (DAT) se encuentran asociadas exclusivamente con laticíferos e idioblastos en hojas, tallos y botones florales (St Pierre *et al.*, 1999).

Estos resultados sugieren que la síntesis de vinblastina y vincristina involucra mecanismos de translocación de precursores e intermediarios que son totalmente depen-

dientes de la diferenciación celular. Dicha especialización celular se pierde en cultivos de callos o de células en suspensión, lo cual explica por qué la producción de vinblastina y vincristina no se ha podido alcanzar utilizando técnicas de cultivo de tejidos. Sin embargo, esta información aunque valiosa, no permite explicar aun cómo algunos precursores o metabolitos tóxicos se desplazan de una célula a otra sin causar daño a ninguna de las dos.

Localización de alcaloides benzilisoquinolínicos (morfina y codeína)

La planta de opio, *Papaver somniferum*, es una de las plantas medicinales más antiguas empleadas por el hombre, produce gran cantidad de alcaloides (del grupo de los benzilisoquinolínicos), entre ellos los analgésicos narcóticos codeína y morfina. Estos se acumulan en el citoplasma o en el látex de laticíferos especializados

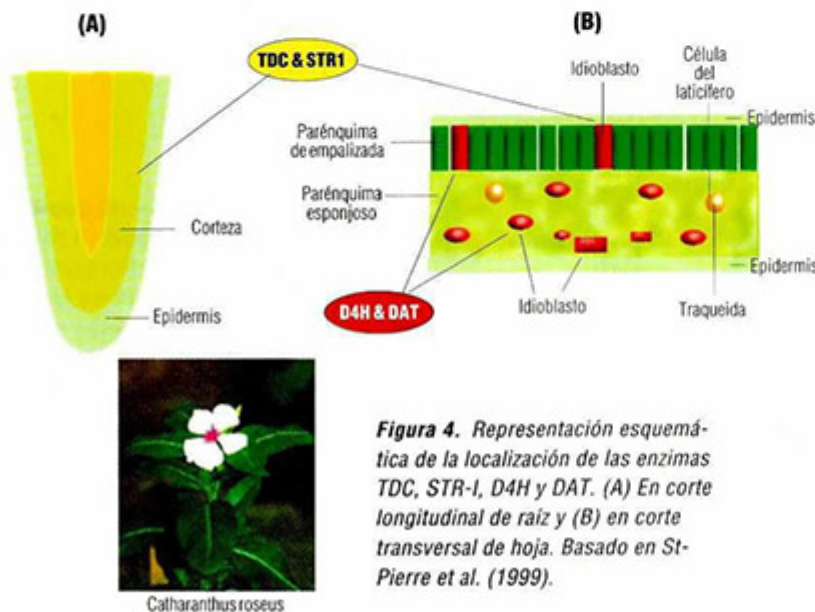


Figura 4. Representación esquemática de la localización de las enzimas TDC, STR-1, D4H y DAT. (A) En corte longitudinal de raíz y (B) en corte transversal de hoja. Basado en St-Pierre *et al.* (1999).

que acompañan los tejidos vasculares. Con la identificación de muchas de las enzimas que participan en la biosíntesis de estos alcaloides la información bioquímica y molecular obtenida hasta el momento sugiere que diferentes tipos de células están involucrados en la producción de estos compuestos (Weid *et al.*, 2004; Bird *et al.*, 2003). Mediante el uso de inmunofluorescencia empleando anticuerpos específicos a las proteínas mayores del látex, Bird y colaboradores (2003) encontraron que tres de las enzimas clave en la biosíntesis de estos alcaloides estaban restringidas a la región parietal de los elementos cribosos del floema. Este descubrimiento es importante porque muestra nuevos tipos de células involucrados en el metabolismo secundario. Además obliga a estudiar los aspectos fisiológicos relacionados con los mecanismos de protección y de distribución y almacenamiento de metabolitos tóxicos en las células de diferentes tejidos.

Consideraciones finales

En esta breve revisión se muestra cómo la diversificación del metabolismo de los alcaloides ocurre a nivel de cambios en estructuras químicas, de sitios de producción y de almacenamiento. La formación y la distribución de los alcaloides en las plantas que los producen son un claro ejemplo de respuesta al medio ambiente y de plasticidad evolutiva. El conocimiento de la bioquímica, la regulación transcripcional y la localización de las rutas de síntesis de alcaloides, junto con la tecnología disponible, ayudarán a definir estrategias de explotación racional de estos valiosos recursos. Por ejemplo, incrementar las cantidades de compuestos defensivos presentes en plantas cultivadas, reduciendo así el número de aplicaciones de pesticidas costosos y potencialmente tóxicos. De manera similar se podrán generar estrategias seguras para incrementar la producción de materia prima empleada en las industrias farmacéuticas, de alimentos, de bebidas, etc.

Agradecimientos

El autor desea expresar sus agradecimientos a Colciencias por el apoyo institucional durante la ejecución de este trabajo y a la doctora Esperanza Torres por su valiosa colaboración en la crítica de este manuscrito.

Referencias

- Bird, D.A.; Franceschi, V.R.; Facchini, P.J.: *A tale of fibre cells types: alkaloid biosynthesis is localised to sieve elements in opium poppy*. *Plant Cell* 15:2626-2635; 2003.
- De Luca, V.; Cutler, A.J.: *Subcellular localization of enzymes involved in indole alkaloid biosynthesis in *Calabaranthus roseus**. *Plant Physiol.* 85:1099-1102; 1987.
- De Luca, V.; St. Pierre, B.: *The cell and developmental biology of alkaloid biosynthesis*. *Trends Plant Sci.* 5:168-173; 2000.
- Ferreira J.F.S.; Duke, S.O.; Vaughn, K.C.: *Histochemical and immunohistochemical localization of tropane alkaloids in *Erythroxylum coca* var. *coca* and *E. novogranatense**. *Int. J. Plant Sci.* 159:492-503; 1998.
- Johnson, E.L.: *Content and distribution of *Erythroxylum coca* leaf alkaloids*. *Annals Botany* 76:331-335; 1995.
- Johnson, E.L.; Elzohby, M.A.: *Content and de novo synthesis of cocaine in embryos and endosperms from fruit of *Erythroxylum coca* Lam.*. *Annals Botany* 68: 451-453; 1991.
- Lichtenbaler, H.K.; Schwender, J.; Dösch, A.; Robner, M.: *Biosynthesis of isoprenoids in higher plant chloroplasts proceeds via a mevalonate-independent pathway*. *FEBS Lett.* 400:271-274; 1997.
- Nakajima, K.; Hashimoto, T.: *Two tropinone reductases, that catalyze opposite stereo-specific reductions in tropane alkaloid biosynthesis, are localized in plant root with different cell-specific patterns*. *Plant Cell Physiol.* 40:1099-1107; 1999.
- Rocha, P.J.: *Alcaloides ¿Qué son y para qué sirven? Innovación y Ciencia* 10:40-45; 2002.
- St-Pierre, B.; Vasquez-Flota, F.A.; De Luca, V.: *Multicellular compartmentation of *Calabaranthus roseus* alkaloid biosynthesis predicts intercellular translocation of a pathway intermediate*. *Plant Cell* 11:887-900; 1999.
- Stevens, L.H.; Blom, J.; Verpoorte, R.: *Subcellular localization of tryptophan decarboxylase, strychnosidine synthase and strychnosidine glucosylase in cell suspension cultures of *Calabaranthus roseus* and *Tobramontana divaricata**. *Plant Cell Rep.* 12:573-576; 1993.
- Suzuki, K.; Yamada, Y.; Hashimoto, T.: *Expression of *Atropa belladonna* putrescine N-Methyltransferase gene in root pericycle*. *Plant Cell Physiol.* 40:289-297; 1999a.
- Suzuki, K.; Yun, D.J.; Chen, X.Y.; Yamada, Y.; Hashimoto, T.: *An *Atropa belladonna* tyrosylamine 6 β -hydroxylase gene is differentially expressed in the root pericycle and anthers*. *Plant Mol. Biol.* 40:141-152; 1999b.
- Weid, M.; Ziegler, J.; Katchon, T.M.: *The roles of latex and the vascular bundle in morphine biosynthesis in the opium poppy, *Papaver somniferum**. *PNAS* 101:13957-13962; 2004.
- Wink, M.; Roberts, M.F.: *Compartmentation of alkaloid biosynthesis, transport, and storage*. En: Roberts, M.F.; Wink, M.F. (eds). *Alkaloids: Biochemistry, ecology and medicinal applications*. Plenum Press, Nueva York. 239-264; 1998.

que han brillado en el firmamento de la astronomía

Patricia Tovar

*Investigadora,
Instituto Colombiano de Antropología e Historia,
Bogotá, Colombia.
E-mail: ptovar@mincultura.gov.co*

Cuando se piensa en astronomía rara vez se piensa en mujeres. Curiosamente, es dentro de este campo donde muchas han sobresalido por sus contribuciones a lo largo de la historia, con respecto a otras áreas de la ciencia, sin embargo, son pocas las que son recordadas.¹

Desde tiempos inmemoriales la humanidad se ha preocupado por observar los ritmos de la naturaleza, los astros, los cambios de las estaciones, los fenómenos celestes y en general entender el funcionamiento del universo. Estas fuerzas, han sido consideradas misteriosas, peligrosas y para algunos como generadoras de vida que afectan el orden de lo cotidiano. El origen de muchas mitologías y religiones se encuentra en la relación de los seres humanos y los 'cielos', donde se conjugan todas las emociones y desde donde se desprenden filosofías y visiones del



Caroline Herschel.

Caroline Herschel

mundo, ideas sobre nuestros propios orígenes, la vida y la muerte, y se evidencia nuestra pequeñez frente a la vastedad del universo. No podemos olvidar la precisión de muchos calendarios antiguos (no europeos), el conocimiento y la observación minuciosa que existía en muchas culturas, ratificados ahora por la ciencia moderna. Poco sabemos de la gente que hizo esos cálculos pues de ese conocimiento sólo han permanecido algunos monumentos, pinturas en la roca y otras manifestaciones no perecederas.

A pesar de que se asumió durante muchos años que tal conocimiento era de propiedad masculina, de shamanes, sacerdotes y otros especialistas, hoy en día se sabe que las mujeres también participaron en la creación de esa sabiduría milenaria. A partir de la experiencia y la observación aprendieron, por ejemplo, la importancia primordial de calcular sus ciclos mensuales en relación con la luna y determinar así semanas de gestación o los cambios estacionales que les permitían recolectar su alimento y cuidar mejor a sus familias.

Los nombres de las descubridoras de estos conocimientos profundos transmitidos de generación en generación se han perdido en la nebulosa del tiempo. Algunas fueron acusadas de brujería y de herejía y otras tuvieron que recluirse en conventos, únicos espacios donde se permitía que su conocimiento floreciera.

Este artículo es un homenaje a algunas de las mujeres que lograron trascender el paso del tiempo al dedicar sus vidas a observar la majestuosidad de la bóveda celeste, que apreciaron el importante papel que ha jugado en la historia de la humanidad, aportando y acumulando conocimientos. Es también un intento de ver cómo ha sido la vida de estas astrónomas en diferentes épocas de la historia y cuáles han sido algunas de las contribuciones que les permitieron brillar en un firmamento por lo general reservado a los hombres.

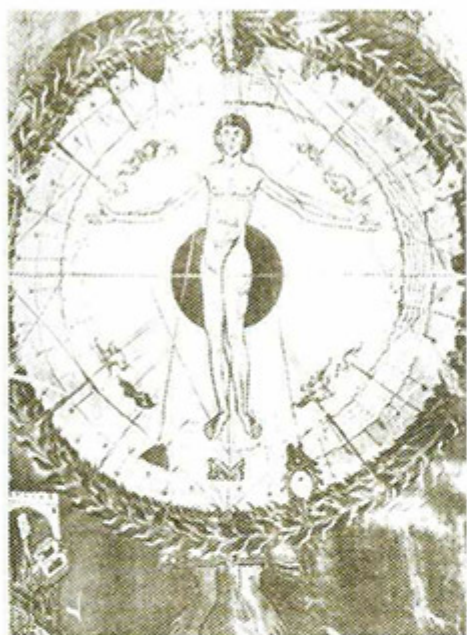
La astrónoma y matemática más antigua, sobre la cual existen mayores noticias, es Hipatía de Alejandría (c.400 d.C.). Desafortunadamente muchos de sus escritos se perdieron con el fuego que arrasó la famosa

biblioteca de su ciudad natal, pero sobreviven comentarios a la *Aritmética de Diofanto*, las *Cónicas de Apolonio de Perga* y al *Canón Astronómico de Ptolomeo*, el *Almagest*.² A ella se le atribuye también el diseño preliminar de lo que más tarde sería el *Astrolabio*. Su vida se vio truncada por la violencia pues murió asesinada por monjes cristianos que intentaban someter a los paganos. Según Sócrates Scholasticus era hija de Theon, el filósofo: *"Tenía tantos logros en la literatura y la ciencia que sobrepasaba a todos los filósofos de su tiempo. Habiendo tenido éxito en las escuelas de Platón y de Plotino, explicaba los principios de filosofía a su audiencia de tal manera que venían de largas distancias a oírla. Teniendo en cuenta su compostura y su estilo fácil, que había adquirido como consecuencia de cultivar su mente, con frecuencia aparecía en presencia de magistrados. Nunca se sintió cobibida al aparecer en presencia de hombres ya que ellos, teniendo en cuenta su extraordinaria virtud la admiraban aún más."*³

Antes de Hipatía existe mención de Aganice⁴ (alrededor de 2000 años a.C.) en el antiguo Egipto, hija del rey Sesostris y dedicada al estudio de las constelaciones con la intención de predecir eventos futuros. En Grecia también se menciona a Aglaonike, la hija de Hegetoris de Tesalia quien fue capaz de predecir eclipses. Muchas otras mujeres aparecen como filósofas, que en la antigua Grecia, significaba también tener conocimientos de matemática y astronomía, entre ellas están Diotima y Arete de Cirene. Hay evidencias también de mujeres en Sumeria y Babilonia de donde proviene parte de la herencia egipcia y griega. Hedu'Anna, conocida como sacerdotisa de la Luna, es tal vez la primera mujer que pasó a la historia por su conocimiento sobre los cuerpos celestes. El templo donde residía hace 4.000 años, era, a su vez, observatorio astronómico, desde donde se regulaban actividades como el comercio, la religión y la agricultura.

*Algunas fueron
acusadas de brujería
y de herejía
y otras tuvieron
que recluirse
en conventos,
únicos espacios
donde se permitía
que su conocimiento
floreciera.*

Muchos siglos debieron pasar hasta que otras mujeres figuraran en los anales de la astronomía. Tal vez la más destacada de toda la Edad Media es Santa Hildegarda, (Alemania 1099-1179), conocida también como la *Sibila del Rin*, quién ha tenido un resurgimiento en la época moderna por



Santa Hildegarda.

los hermosos cantos que compuso. Se interesó en muchas áreas de la ciencia como la botánica y la medicina y sus ideas sobre la gravitación universal son correctas y anteceden a las de Newton por varios siglos.

Sabias como estas necesitan ser rescatadas del olvido, algunas aparecen citadas como la esposa y asistente, tal es el caso de María, esposa de Johann Mueller, quién además se destacó por la calidad

de sus grabados sobre temas celestiales. De cualquier manera, los avances de la astronomía solo se hicieron sentir hasta el siglo XVI con la invención de instrumentos ópticos. La danesa Sophia Brahe (1556-1643), hermana de Tycho pasó a la posteridad como la persona que hizo las observaciones que permitieron que Kepler determinara las órbitas elípticas de los planetas. Se convirtió en una leyenda en su tiempo también por sus conocimientos como ingeniera, alquimista y médica. Sus crónicas y métodos de investigación son aún utilizados en universidades europeas. Muchos de los descubrimientos que se han acreditado sólo a Tycho fueron el resultado de trabajo en conjunto. Su hermano reconoció sus muchos talentos, entre ellos, el conocimiento de varias lenguas y el haber aprendido ella sólo las bases de la ciencia de los astros y él mismo, al ver que las universidades no aceptaban muje-

res en esa época, tomó las riendas de su educación.

Recordemos que en aquella época la astrología y la astronomía eran parte de una misma disciplina. Galileo trazó horóscopos para sus hijas, una de las cuales, María Celeste, tomó los hábitos religiosos y le sirvió como su confidente y par intelectual. Entre las numerosas cartas a su padre solicitaba un telescopio y le recetaba diferentes medicamentos para sus dolencias.⁵ El avance de la astronomía en esta época se relacionaba con la fabricación de instrumentos ópticos y de medición fáciles de adquirir, de los cuales Galileo se convirtió en inventor y fabricante, popularizando de esta manera la afición por la observación de los cielos.

Otra estrella de la época es María Cunitz, nacida en 1610 en Polonia, famosa por su intento de corregir las *Tablas Rudolfinas* de Kepler para los movimientos planetarios, problema crucial para la ciencia de la época.⁶ En 1650 publicó la obra *Urania propicia* en latín y alemán. Otra polaca destacada fue Elisabeth Korpmann quien, entre otras cosas, se preocupó por mejorar la obra de su predecesora y publicó *Firmamentum sobieskanum y Podromus astronomicae*, un catálogo de las posiciones de 1.888 estrellas, no sólo la mayor compilación hasta el momento, sino la última que se hizo sin la ayuda de un telescopio, publicación que hizo después de la muerte de su marido Hevelius, también astrónomo.⁷

En el nuevo mundo se destacó por esa época Sor Juana Inés de la Cruz, (1651-1695, México) más conocida por su poesía, que por sus observaciones astronómicas. Tenía una extensa biblioteca y una colección de instrumentos científicos del momento, los cuales fueron retirados de su celda por su confesor.

Llama también la atención el caso de las hermanas de la alemana María Winkelmann Kirch, cuyo esposo, nombrado como astrónomo real en 1700 se dedicó a impartirles instrucción privada. Ellas se especializaron en la producción de calendarios, almanaques y otros métodos de cálculo indispensables para la agricultura. A la muerte de su esposo, María instruyó a su hijo de 16 años

Christfried, quien sería más tarde el director del Observatorio de Berlín y a su hija Christine para que fueran sus asistentes. María contribuyó con sus observaciones sobre la aurora boreal y sus estudios de las conjunciones planetarias.

Otras hermanas famosas son Teresa y Madelena Manfredi, muy bien preparadas, quienes colaboraban con su hermano Joseph Delisle en la preparación de las efemérides solares, lunares y planetarias en Italia. Las francesas tampoco se quedaron atrás en adquirir estos conocimientos científicos. En 1757, Jerome Lalande, director del Observatorio de París, conocido por sus famosas tablas, solicitó la ayuda de Madame Lepaute, esposa del relojero del rey, colaboradora en el *Traité d'horlogerie* de su marido. Lalande escribiría al respecto de las computaciones astrológicas realizadas por la señora Lepaute en relación a la espera del regreso del cometa Halley: *"La ayuda de Mme Lepaute fue tan importante que sin ella nunca hubiera podido emprender la inmensa labor, en la que era necesario calcular la distancia que había entre cada uno de los planetas, Júpiter y Saturno y el cometa separadamente, para cada grado sucesivo, durante 150 años."*⁸

Además de la precisión de estos cálculos, Lepaute dedicó su atención a los eclipses para lo cual preparó una tabla de ángulos de paralaje, o sea el ángulo de desplazamiento de un objeto, la cual fue publicada por el gobierno francés. En su honor un cráter de la luna lleva su nombre. Por su parte, la sobrina política de Lalande, Marie-Jeanne Amélie Harlay de Lalande, también se destacó como profesora de astronomía en París publicando varios libros científicos, tablas de navegación y un catálogo de 10.000 estrellas.

La italiana María Agnesi (1718-1799), famosa por sus teorías de mecánica celestial y gravitación universal, es más conocida como matemática que como astrónoma por el planteamiento de una curva que lleva su nombre. El papa Benito XIV la nombró directora del departamento de Matemáticas en la Universidad de Bolonia.

Caroline Herschel (1750-1848), conocida también como la hermana de Sir William Herschel, descubridor del planeta Urano, dejó un legado de descubrimientos entre ellos ocho cometas y un catálogo de 561 estrellas, al igual que un catálogo de nebulosas, por los cuales recibió la medalla de oro de la Real Sociedad de Astronomía en el año de 1828, sociedad que la invitaría, años más tarde, a ser miembro honorario. En 1835, fue elegida miembro honorario de la Real Sociedad de Inglaterra junto con la matemática y astrónoma escocesa Mary Somerville y más tarde, elegida miembro de la Real Academia de Irlanda. Mary tradujo y añadió anotaciones a varios libros famosos como *La mecánica celeste* de Laplace y publicó sus propias obras. En una de ellas: *La conexión de las ciencias físicas* comentaba que notaba una perturbación en el



María Agnesi.

planeta Urano, lo que llevó al astrónomo Adams a descubrir Neptuno. Mary era muy amiga de Lady Byron, esposa del famoso poeta Lord Byron y de su hija Ada, condesa de Lovelace, quién también se destacó en las matemáticas.

La astronomía contemporánea

El siglo XIX trajo consigo grandes avances en la ciencia y la educación, de los cuales también se beneficiaron mujeres como María Mitchell (1818-1889), quien llegaría a ser la primera profesora de astronomía en el prestigioso *Vassar College*, a la vez que se convirtió en un símbolo de lo que sería la emergencia de la mujer en el campo de la ciencia y de los círculos académicos.

Para muchas mujeres de las clases privilegiadas, como la misma Mitchell, la entrada a estos campos sólo podía lograrse a través de padres, hermanos o esposos. Su padre

Para muchas mujeres de las clases privilegiadas, como la misma Mitchell, la entrada a los círculos académicos sólo podía lograrse a través de padres, hermanos o esposos.



María Mitchell.

era un astrónomo aficionado y ella estaba a cargo de una biblioteca lo que le permitió el acceso a textos avanzados. El descubrimiento de un cometa en 1847 la lanzó a la fama, hecho por el cual recibió una medalla de oro del rey de Dinamarca y en Estados Unidos fue admitida en la recientemente establecida Sociedad para el Avance de la Ciencia. La llegada de Mitchell a *Vassar*

College es considerada como la edad dorada de la astronomía en los Estados Unidos ya que ella abrió el camino para la entrada de cientos de mujeres a esta disciplina.

No dejan de sorprender muchas biografías como la de la escocesa Williamina Paton S. Fleming (1857-1911), quien viajó a Boston y en 1879, esperando un bebé fue abandonada por su esposo, viéndose forzada a buscar un sustento para ella y su hijo. Se empleó en casa del astrónomo Edward Pickerin quien más tarde la contrató como su asistente en el observatorio. De ahí pasó a ser miembro permanente del observatorio colaborando durante los siguientes 30 años en el análisis fotográfico de espectros estelares y en 1898 estuvo a cargo del archivo de

fotografías astronómicas. Sus estudios extensivos de fotografía la llevaron a diseñar una técnica conocida como Pickerin-Fleming, al mismo tiempo que descubrió 10 novas, 52 nebulosas y centenares de estrellas variables. Sus trabajos más importantes incluyen el *Draper Catalogue of Stellar Spectra* (1890), *A Photographic Study of Variable Stars* (1907) y *Stars Having Peculiar Spectra* (1912), trabajos por los cuales fue elegida en el Royal Astronomical Society.⁹ Sus contribuciones prepararon el terreno para Annie Jump Cannon (1863-1941, E.U.).

Cannon, alumna y asistente de E. Pickerin, descubrió cerca de 300 estrellas variables. Su especialidad fue la clasificación de las características de las estrellas —cerca de 350.000— al diseñar el sistema de clasificación espectral que es usado hoy en día, el famoso OBAFGM. En esa época en

Harvard ya no era excepcional contratar mujeres y se referían a ellas como “computadoras” pues realizaban la clasificación de estrellas y la reducción de datos complejos (por lo que cobraban 50 centavos la hora). Otras mujeres que trabajaban allí como ayudantes eran conocidas como “registradoras” porque registraban los datos.¹⁰ Cannon fue nombrada doctora *hono-*

ris causa por la Universidad de Oxford (1925), el primer grado honorario concedido a una mujer por esa universidad. En 1923, fue elegida una de las doce mujeres americanas vivas más importantes. En 1931, le fue concedida la *Medalla Henry Draper* de la Academia Nacional de Ciencias. Al comienzo del Siglo XX el Observatorio de Harvard contaba, al menos, con 20 mujeres entre las cuales se destacan también Antonia Maury, Henrietta Leavitt y unas décadas más tarde Cecilia Payne. No todos los observatorios, aunque empleaban mujeres, sirvieron de apoyo al avance de sus carreras. El Observatorio de Helsinki en Finlandia es un ejemplo: a pesar de emplear mujeres, tenía un tratamiento claramente discriminatorio donde sólo a los hombres se les permitía el avance en cuanto a sus carreras personales.

Henrietta S. Leavitt (1868-1921, E.U.), descubrió 1.777 estrellas variables, cerca de la mitad de las conocidas en sus días y se dedicó a estudiar las cefeidas o estrellas que pulsan cambiando de brillo, propiedad que permitió conocer su magnitud absoluta y calcular su distancia midiendo su magnitud aparente y aplicando la fórmula según la cual el brillo disminuye con el cuadrado de la distancia. Además, contribuyó en el campo de la relación de los períodos de luminosidad variable de las estrellas.

Cecilia Payne Gaposchkin (1900-1979, Inglaterra), fue la primera persona en recibir un doctorado en astronomía de la Universidad de Harvard. Su tesis trataba de las atmósferas estelares y de las temperaturas de las estrellas. Asignó una temperatura en la superficie a cada tipo de estrella y descubrió que la atmósfera del Sol está compuesta por hidrógeno y por helio. Se destacó por sus investigaciones en el Observatorio del Harvard College. Sólomente después de haber viajado por muchos países y de haber hecho otras contribuciones, fue nombrada en 1950 como profesora del departamento de astronomía y más tarde como directora del mismo.¹¹

Entre las contemporáneas se destaca Vera Rubin (1928-E.U.), quien ha jugado un papel importante en la manera en que se mira el universo. Sus investigaciones sobre

la rotación en espiral de las galaxias mostraron que todo lo que "vemos": las estrellas, nebuladas, gaseosas, etc., constituyen tal vez sólo el 10% de la masa en las galaxias y el otro 90% es invisible, en alguna clase de "materia oscura" diferente a la que emite luz. Otra celebridad es Carolyn Shoemaker¹² (1929-E.U.), quien ha descubierto 32 cometas (más que cualquier otra persona viva) y 300 asteroides incluyendo 33 que se han aproximado a la tierra. Estudió historia y ciencia política y comenzó su trabajo cuando sus hijos ya habían crecido. Desarrolló una técnica muy eficiente para escanear películas fotográficas tomadas con el telescopio de Monte Palomar. Su esposo es un geólogo planetario y astrónomo, con quien en alguna ocasión pasó unas vacaciones en Australia recogiendo meteoritos. En 1994, la pareja haría uno de los descubrimientos recientes más interesantes: el cometa Shoemaker-Levy que se estrelló contra el planeta Júpiter y pudo ser observado durante varios meses por la comunidad científica de todo el mundo.

Adriana Ocampo, nacida en Colombia, educada en Argentina y actual residente en los Estados Unidos, hasta hace poco investigadora científica en el *Jet Propulsion Laboratory* de la NASA, también se encuentra en el panteón de las cincuenta científicas más destacadas del mundo. Su más reciente trabajo está relacionado con el estudio del cráter Chicxulub, en Centro América, el cual se cree fue formado por el asteroide que pudo haber provocado la desaparición de los dinosaurios hace 65 millones de años.

¿Por qué tan pocas?

Hoy en día, la astronomía es considerada como una disciplina altamente competitiva que necesita bastante cerebro, imaginación, largas horas de trabajo e incluso suerte. Está ligada a la física y a otras áreas de las matemáticas donde con frecuencia tampoco aparecen mujeres. Cómo

Las dificultades que han tenido las mujeres han sido principalmente de carácter social, cultural y familiar, pues se les ha exigido dedicación completa al rol de esposas y madres.

ya lo dijo Hilary Rose:¹³ el amor, el poder y el conocimiento se entrecruzan para obstaculizar el avance de la mujer, anotando que el trabajo de las mujeres en la ciencia es un "trabajo de amor", a veces sin paga, donde está también incluido el cuidado de otras personas. De ahí que las dificultades que han tenido las mujeres han sido principalmente de carácter social, cultural y familiar, pues se les ha exigido dedicación completa al rol de esposas y madres.

Más que averiguar por qué han sido tan pocas, se ha intentado rescatar a aquellas que por alguna razón han sido olvidadas y eclipsadas y preguntarse más bien cómo han hecho para sobresalir. Con relación a lo social y lo cultural, las dificultades han sido diferentes para hombres y mujeres. Durante muchos siglos se le negó a la mujer el acceso formal al conocimiento, la entrada a los centros de saber y el permiso para publicar sus trabajos, desperdiciándose así una gran cantidad de talento y habilidad. La ciencia no era considerada como una profesión apta para mujeres

ya que a estas debían dedicarse sólo a la crianza de sus hijos y al cuidado de sus familias. Las que han sobresalido han sido mujeres de gran inteligencia, muchas de las cuales han tenido que enfrentarse a grandes dificultades. Entre ellas se nota la presencia de padres, hermanos y esposos que reconocen talentos excepcionales y que cuentan con observatorios astronómicos y laboratorios situados en sus propias casas, lo que les facilita la entrada en ese mundo.

Es curioso cómo en muchas de estas biografías se oscurecen los aportes intelectuales mientras se da énfasis a los atributos físicos y hasta a las aventuras amorosas de estas mujeres, como en el caso de la *Enciclopedia Biográfica de Ciencia y Tecnología* de Isaac Asimov.¹⁴ Este libro tiene como

subtítulo "*La vida y la obra de 1.197 grandes científicos desde la antigüedad hasta nuestros días*", entre los cuales, Asimov sólo destaca nueve mujeres en todos los campos de la ciencia. De Hipatia dice que fue la única mujer estudiosa de la antigüedad y que: "...su belleza, su arrojo y la popularidad de sus conferencias la han idealizado para la posteridad. No contribuyó con innovación científica alguna."

Es larga la lista de las que han quedado olvidadas por la fama. Uno de los casos más recientes es el de Jocelyn Bell Burnell (n. 1943), quien con la ayuda de un radiotelescopio construido por ella misma, se convirtió en la primera persona en detectar los púlsares, estrellas de neutrones densas y de rápida rotación. Sin embargo, no se le otorgó el Nobel a ella sino a su tutor de tesis, Anthony Hewish en 1974, quien más tarde se refirió a ella como "*una buena chica que solo cumplía con su trabajo*".¹⁵

Desde las más antiguas a las contemporáneas vemos que muchas han ejercido su profesión detrás de bambalinas con mucho menos crédito del que se merecen, o que comenzaron sus carreras en ocupaciones que no siempre eran las científicas. Partiendo de la astronomía se entra en otro campo derivado en el que las mujeres han comenzado a incursionar con fuerza: se trata de las astronautas. Las pioneras y participantes en los viajes espaciales, donde hay todavía un universo por descubrir, merecen un capítulo aparte, pero no dejaremos de mencionar nombres como Valentina Tereshkova (n.1937), la primera mujer en el espacio en el año 1963, o Sally Ride (n.1951) la primera mujer de los Estados Unidos que viaja al espacio en 1983. No se deben dejar de lado los logros de la ingeniera aeroespacial, con más de treinta años de experiencia, Donna Shirley quién es más conocida por su dirección del Proyecto de la NASA *Mars Pathfinder* en su misión de aterrizaje en Marte con el módulo explorador *Sojourner*, llamado así en honor de Sojourner Truth, activista negra que luchó por los derechos civiles en el siglo pasado en los Estados Unidos. También participó en el proyecto *Mariner 10* con misiones a Venus y a Mercurio. En 1999, Eileen Collins, Coronel de la

En muchas de estas biografías se oscurecen los aportes intelectuales mientras se da énfasis a los atributos físicos y hasta a las aventuras amorosas de estas mujeres.

Fuerza Aérea de los Estados Unidos, es la primera mujer al frente de una misión espacial en el Transbordador Columbia, o la recientemente fallecida Kalpana Chawla, natural de la India. Y así, la lista es cada vez más larga.

Aquellas personas interesadas en el tema de la historia de las mujeres en la astronomía encuentran en estas páginas apenas un abrebocas de algunas de las que han logrado entrar a la 'Galería de la Fama', en un campo que merece la pena ser estudiado con mayor detenimiento, rescatando a las muchas que han quedado en el olvido. Las que trabajaron como asistentes sin paga, o que simplemente pasaron a la posteridad como 'esposa de', 'hija de', o 'hermana de' algún astrónomo destacado. Recordemos que antes de la época moderna la astronomía era, además, un arte en el que había que fabricar e improvisar instrumentos. Paradójicamente en la época en que la astronomía no estaba profesionalizada ni pertenecía al ámbito exclusivo de las universidades era más fácil encontrar mujeres, ya que más adelante se restringiría su acceso a las universidades. En su libro: *¿La mente no tiene sexo?*, Londa Schiebinger,¹⁶ muestra como los cambios que trajo La Ilustración, incluyendo la rebelión en contra de la aristocracia y la formación de las primeras academias y asociaciones científicas eliminaron los nichos donde se educaban las mujeres del siglo XVII y XVIII. Por su parte, la educación en los conventos donde se enseñaba matemáticas y ciencia fue también reformada y la astronomía perdió el carácter gremial y hasta cierto punto artesanal que tenía hasta el momento. Vale la pena resaltar también que aunque en épocas pasadas las más destacadas eran europeas, en tiempos modernos se concentran en los Estados Unidos, donde se encuentran las mayores facilidades, presupuestos y observatorios. Es allí a donde llegan muchas científicas de diversas partes del mundo en busca de oportunidades. Quedan por fuera las no europeas, sobre las que no se ha escrito casi nada. Además de Adriana Ocampo, son muy pocas las latinoamericanas y mucho menos las colombianas, las que han logrado brillar en este firmamento. Este es un buen momento para comenzar a hacerlo.

Referencias:

1. *Ede ensayo es parte del proceso de divulgación del proyecto GenTec, Género, Ciencia y Tecnología, auspiciado por la OEL. Se agradece la colaboración de la antropóloga Catalina Ariza.*
2. *Daughters of the Sky. A Brief History of Women in Astronomy. The Griffith Observer, March 1983.*
3. <http://cosmopolis.com/alexandria/hypatia-bio-socrates.html>
4. *4000 Years of Women in Science. http://www.astr.ua.edu/4000WS/summary.shtml*
5. *Sobel, Daba, La Hija de Galileo, 1999. Editorial Debate*
6. *Alic, Margaret, 1991. El legado de Hipatia: Historia de las mujeres en la ciencia desde la antigüedad hasta fines del siglo XIX. México: Siglo XXI Editores*
7. *ibid.*
8. *Jérôme Lalande, Bibliographie astronomique, Paris, 1803. Citado por Alic.*
9. http://www.astrogea.org/surveys/Williamina_Fleming%20.htm
10. http://www.astrogea.org/surveys/Annie_Cannon.htm
11. *Cecilia Payne-Gaposcchin: An Autobiography and Other Recollections. Katherine Haramundanis Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.*
12. <http://www.barcourschool.com/activity/biographies/sboemaker/>
13. *Love, Power and Knowledge. Towards a Feminist Transformation of the Sciences. Hilary Rose, 1994. Polity Press.*
14. *Enciclopedia biográfica de ciencia y tecnología. I. Asimov. Alianza Editorial 1973.*
15. *Las 50 mujeres más relevantes en la ciencia. Kathy A. Sritil. Discover en Español, Vol 6, N° 12, P. 42-47. 2002.*
16. *The Mind Has No Sex? Londa Schiebinger. Harvard University Press, 1989.*

CAMBAMOS!



Pensando en ofrecerle el mejor servicio

Nuestras Líneas de Atención al Cliente

429 8487 - 263 3484 - 295 6896

018000 111210 / 111313

Fax: 416 3026

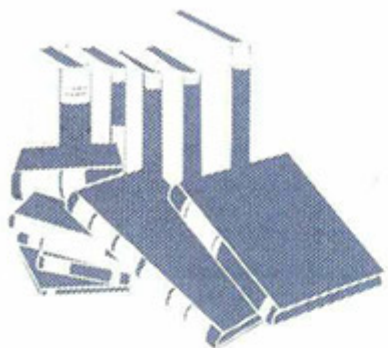
Subgerencia de Mercado

334 0304

División de Mercado Regional D.C.

4297330

www.adpostal.gov.co



COLECCIÓN FILOSOFÍA Y ENSEÑANZA DE LA FILOSOFÍA

Germán Vargas Guillén

Director, Grupo Filosofía y Enseñanza de la Filosofía
 Universidad Pedagógica Nacional
 Bogotá, D.C. 2005

La colección es órgano del grupo del mismo nombre de la Universidad Pedagógica Nacional, reconocido por Colciencias. El objetivo es llevar a cabo el estudio sistemático en ambos campos del saber, así como su mutuo enlace. En su enfoque, la colección privilegia la enseñanza de la filosofía en el mundo de la vida tecnológicamente sedimentado.



TOMO 1

FILOSOFÍA, PEDAGOGÍA Y ENSEÑANZA DE LA FILOSOFÍA

Germán Vargas Guillén y Luz Gloria Cárdenas Mejía

Este volumen recopila las memorias del seminario del mismo nombre que organizó la Facultad de Humanidades de la Universidad Pedagógica Nacional y el Instituto de Filosofía de la Universidad de Antioquia.

La reflexión parte de las consideraciones sobre perspectivas que la filosofía puede dar sobre el tema central de la pedagogía, la formación. Prosigue estudiando tópicos que tienen que ver con la enseñanza de la filosofía en diversas direcciones para su estudio. Tiene un tercer momento en el análisis filosófico del campo intelectual de la educación y la pedagogía; al final, se cierra con comunicaciones que insinúan hipótesis de trabajo para los dos primeros contextos de discusión referidos.



TOMO 2

CREATIVIDAD Y ENTORNOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE

Sonia Cristina Gamboa Sarmiento

Proyecto de investigación en el que se estudian algunas posturas teóricas alrededor de la creatividad como habilidad cognitiva necesaria para la solución de problemas y el uso de herramientas informáticas como dispositivo para implementar estrategias para desarrollarla.

Este trabajo de investigación se propuso para responder a los objetivos que persigue el Aula Virtual: entorno virtual de aprendizaje desarrollado por el Grupo de Estudios en Nuevas Tecnologías y Educación. Propone cuatro herramientas informáticas de carácter lúdico para ser usadas por estudiantes de educación superior.



LA PERCEPCIÓN QUE TIENEN LOS COLOMBIANOS SOBRE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Editora: Julia Patricia Aguirre Guzmán.

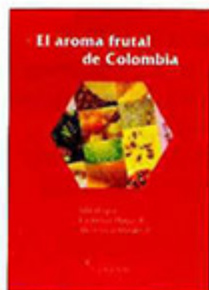
Colciencias, Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas".
 Bogotá, D.C.
 Junio 2005.

Colciencias presenta al país el resultado de la encuesta institucional, en general y en especial a los agentes y estudiosos de la ciencia y la tecnología; tiene el significado fundamental de cuantificar y cualificar, por medio de un muestreo, las opiniones, asociaciones y percepciones que sobre la ciencia y la tecnología tienen los colombianos, a comienzos del siglo XXI.

La encuesta fue aplicada en cuatros públicos: la ciudadanía en general, los profesores universitarios, los docentes de colegios privados y públicos y los empresarios. Los resultados principales se ordenan en cuatro temas que son el imaginario de la gente, la valoración que se le da a la ciencia y la tecnología, consumo de información científica a través de los diferentes medios de comunicación y, finalmente, un panorama de lo que conocen los colombianos sobre la ciencia y la tecnología que se hace en el país.

El libro consta de cuatro partes:

I. Prólogo e Introducción; II. Artículo de análisis y crítica; III. Resultados; IV. Anexos.



EL AROMA FRUTAL DE COLOMBIA
Carmenza Duque
y Alicia Lucía Morales

Departamento de Química, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, D.C.
Julio 2005

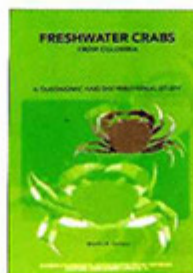
Colombia es un país megadiverso, con innumerables especies vegetales y animales que habitan nuestros mares y suelos convirtiendo esta tierra en un paraíso. Para ayudar a estudiar más a fondo las especies frutales existentes en nuestro país, el grupo de investigación, estudio y aprovechamiento de productos naturales marinos y frutas de Colombia del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia resume en esta publicación el estudio del aroma de 11 especies frutales ampliamente comercializadas, como son: el lulo, la uchuva, el tomate de árbol, la badea, la papayuela, el melón, la mora, la piñuela, la piña, el mango y el mamey.

Además, esta publicación ofrece al sector industrial posibilidades de aprovechamiento de esas frutas y de su componente aromático en un sinnúmero de productos, tanto para el consumo local como para la exportación.



FÍSICA COMPUTACIONAL
Hernán Estrada Bustos
Facultad de Ciencias, Sede Bogotá
Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, D.C.
2005

Hoy en día, con las ayudas computacionales existentes, la física computacional completa la forma tradicional ya que en casi todos los campos de la física, el análisis de los fenómenos naturales conduce a una formulación en términos de integrales, ecuaciones diferenciales, problemas de contorno, etc., en los que sólo para casos particulares se presentan soluciones analíticas en los textos básicos, dejando por fuera la extensa gama de fenómenos que se logran con ayuda de la experimentación numérica, en los que la física computacional juega un papel fundamental para enriquecer y ampliar el espectro del saber del estudiante. En este libro se presentan los problemas tomados de diferentes áreas de la física, algunos de los cuales han sido tema de discusión en los salones de clase de la Universidad Nacional, cada tema se ilustra con un programa completo escrito en lenguaje FORTRAN para que pueda ser modificado y adaptado por el estudiante.



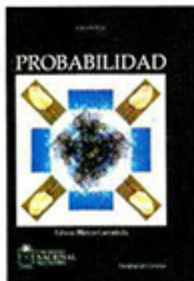
CANGREJOS DE AGUA DULCE
Taxonomía y distribución
FRESHWATER CRABS FROM COLOMBIA.
A Taxonomic and Distributional study
Martha R. Campos
Academia de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales ACCEFYN
Colección Jorge Alvarez Lleras No. 24
Bogotá, D.C.
2005

El propósito de este trabajo es presentar un análisis taxonómico y de distribución de dos familias de cangrejos de agua dulce: *Trichodactylidae* y *Pseudothelphusidae*, en Colombia. De la primera especie, en el país se han registrado 14 especies de un total de 48 conocidas y de la segunda, 79 especies se encontraron en nuestro país.



LAS COMPETENCIAS:
INTERPRETAR, ARGUMENTAR
Y PROPONER EN QUÍMICA
Un problema pedagógico y didáctico
Royman Pérez Miranda;
Rómulo Gallego Badillo;
Luz Nery Torres de Gallego
y Luigi Hawer Cuellar Fernández
Universidad Pedagógica Nacional
Bogotá, D.C.
2005

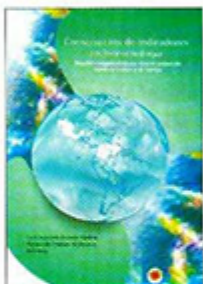
Este documento recoge los resultados obtenidos con dos proyectos desarrollados con los estudiantes de los grados décimo y undécimo de educación media del sistema educativo colombiano; se trata de una propuesta innovadora en la que hicieron objeto de trabajo en el aula, los contenidos curriculares recomendados en química, para dichos grados desde la perspectiva didáctica de la construcción de las competencias: interpretar, argumentar y proponer.



PROBABILIDAD
Liliana Blanco Castañeda
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, D.C.
2005

Este texto está diseñado para un primer curso de teoría de probabilidad en las carreras de matemáticas y estadística, así como para los estudiantes

de la especialización en estadística que no cuenten con conocimientos previos en el área. El texto está dividido en ocho capítulos y cuatro apéndices incluyendo desde los conceptos básicos hasta el estudio de los conceptos de valor esperado de un vector aleatorio, matriz de varianzas y covarianzas, funciones generadoras de momentos y características conjuntas.



CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES EN BIOTECNOLOGÍA
Región comprendida por cuatro países de América Latina y el Caribe
Luis Antonio Orozco Castro
Fernando Chaves Valbuena
Observatorio de Ciencia y Tecnología de Colombia y Organización de los Estados americanos OEA.
Bogotá, D. C.
2005

Este libro reuné los resultados obtenidos por investigadores de Colombia, Costa Rica, México y Venezuela, en el marco del "Programa cooperativo para la construcción de indicadores en biotecnología y tecnología de alimentos adaptados a los países de América Latina y el Caribe, para motivar la aplicación y transferencia de tecnologías industriales". Incluye tres trabajos desarrollados por expertos que desde la sociología de la ciencia, la economía y la política, analizan la construcción de indicadores y en su conjunto permiten reflexionar acerca de las variables que se deben tener en cuenta para abordar los temas de mercados internacionales, transferencia tecnológica, impacto social de la política y dinámicas sociales que emergen bajo el paradigma tecnoeconómico en el que se desenvuelve la biotecnología.

Este trabajo es otro esfuerzo en materia de indicadores que se adelanta en los países miembros de la OEA, con el fin de crear capacidades para definir mitologías conjuntas y construir información que apoye la formulación y la toma de decisiones de política, posibilitando mayores impactos sobre las realidades y particularidades de los países en torno a la biotecnología.



EL DESAFÍO DE FORMAR LOS MEJORES MAESTROS
Situación actual, experiencias, innovaciones y retos en la formación de docentes
Diego Bernardo Rendón Lara
Luis Ignacio Rojas García
UNESCO- KIPUS
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
Bogotá, D.C.
2005

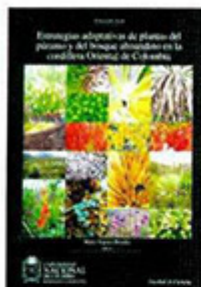
En este libro se registran las memorias del II Encuentro Internacional de la Red de Formación Docente de América Latina y el Caribe. La red es una de las iniciativas más relevantes a nivel regional para fortalecer y ampliar espacios de información, intercambio y difusión de las contribuciones que se han generado en el campo del desarrollo profesional docente desde diferentes vertientes; se propone promover reflexión, debate, generación de conocimiento y formulación de propuestas docentes, así como formulación de políticas integrales que garanticen su desarrollo profesional y humano. El sentido de esta publicación es recuperar las importantes contribuciones que existen en nuestros países y resignificarlas a la luz de los cambios profundos que han ocurrido en las sociedades para tener una base real y propia desde la cual aportar y participar en las transformaciones que requiere la formación de docentes.



EL UNIVERSO, PERTENENCIA Y DESTINO
Fanny González Taborda
Bogotá, D.C.
Diciembre, 2004

Es un homenaje al conocimiento, a quienes lo poseyeron y lo transmitieron. Observación, experimentación, análisis, teorías y leyes que surgieron de sus mentes para hacer comprensible

el fenómeno más complejo que preocupa a la humanidad: "La creación del Universo y su desarrollo", concepto dentro del cual cabe todo: desde lo inmensamente grande hasta lo más pequeño. El Universo, el planeta Tierra, la vida, el hombre, la mujer, la naturaleza, el infinito. Todo lo que es real, lo que entra por nuestros sentidos y lo que siendo abstracto, se convierte en verdad, por efecto de leyes o de teorías maravillosas que articulan el conocimiento. El lector podrá encontrar en forma amena y sencilla un recuento de los más relevantes aspectos del Universo y muy especialmente del sistema solar.



**ESTRATEGIAS
ADAPTATIVAS DE
PLANTAS DEL PÁRAMO
Y DEL BOSQUE
ALTOANDINO EN LA
CORDILLERA ORIENTAL
DE COLOMBIA**

María Argenis Bonilla
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional
de Colombia
Bogotá, D.C. 2005

En los páramos y bosques de alta montaña de Colombia se regulan procesos ecológicos críticos para el funcionamiento de nuestra sociedad tanto a nivel local como regional, y por ello son considerados ecosistemas estratégicos para el desarrollo. A pesar de esto, el país está lejos de tener políticas claras con consecuencias realmente efectivas para la utilización adecuada, la conservación y la restauración de los bienes y servicios que prestan estos ecosistemas. Desde una perspectiva académica, estas políticas deberían estar basadas en un conocimiento científico de los factores que determinan la dinámica de procesos ecológicos fundamentales a micro, meso y macro escalas. El conocimiento de estos factores permitirá entender mejor los efectos de la intervención antrópica sobre el funcionamiento de estos ecosistemas. Es por esta razón, que este libro busca ampliar este conocimiento publicando los resultados de las investigaciones realizadas por el grupo de investigación en "Biología de organismos tropicales de alta montaña". La primera parte incluye los resultados en el área de ecofisiología de musgos y frailejones; en la segunda parte, se presentan los trabajos relacionados con la interacción planta-suelo-microorganismos; en la tercera parte, se abarca la interacción planta-antropofauna; en la cuarta parte, se analizan las estrategias de reproducción sexual de dos especies del páramo y de regeneración del banco de semillas en un bosque alto andino secundario y finalmente, se incluyen las investigaciones sobre rasgos de la historia de vida de algunas especies de plantas dominantes en los páramos de la Cordillera Oriental.



**LA REPRESENTACIÓN
COMPUTACIONAL DE DILEMAS MORALES**

Germán Vargas Guillén
Universidad Pedagógica Nacional
Bogotá, Colombia 2004

Investigación fenomenológica de epistemología experimental es un estudio orientado a comprender la estructura formal del discernimiento humano. Se enmarca en el enfoque fenomenológico por ser, precisamente, un estudio de la subjetividad; de epistemología experimental por generar un artificio (el software *Awale* desarrollado en *Prolog*, como un producto de inteligencia artificial) que permite la "observación" de la estructura investigada. El enlace entre uno y otro "caminos" para la investigación se logra mediante el análisis de protocolos de información verbal. Desde el peculiar estudio fenomenológico llevado a cabo, la contribución se centra en obtener respuestas alternativas a las cuestiones: ¿cómo la psicología fenomenológica tiende a la fenomenología trascendental? y ¿cómo aquella es o puede ser desarrollada como fenomenología empírica?



LA INVESTIGACIÓN DEL ENTORNO NATURAL

**Una estrategia didáctica para
la enseñanza-aprendizaje
de las ciencias naturales**

Julio Alejandro Castro Moreno
Bogotá, Colombia 2005

Con especial complacencia la Universidad Pedagógica Nacional y La Fundación Francisca Radke para el desarrollo de la Universidad Pedagógica Nacional, ponen a consideración de la comunidad educativa el

libro *El entorno natural: una estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales*, que corresponde a la publicación del Trabajo de Grado presentado por Julio Alejandro Castro Moreno como requisito para obtener el título de Especialista.

La publicación de este libro obedece al desarrollo del Premio Nacional de Educación Francisca Radke, ofrecido por la Fundación Radke en Conjunto y con el apoyo de la Universidad Pedagógica Nacional.

El premio busca estimular y reconocer la producción intelectual de quienes terminan su formación en educación, a nivel de licenciatura, especialización y maestría en las instituciones colombianas en educación superior. Igualmente, reconoce y estimula a los docentes universitarios que orientaron la formación de los alumnos ganadores del premio.



LA CONSTRUCCIÓN DE CULTURA POLÍTICA EN COLOMBIA

**Martha Cecilia Herrera
Alexis V. Pinilla
Raúl Infante Acevedo
Carlos J. Díaz Soler**

Universidad Pedagógica Nacional
Bogotá, Colombia
2005

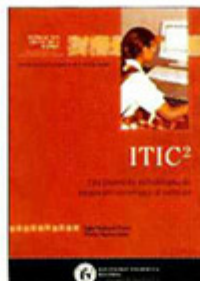
Lo que este libro recoge es a la vez un "estado de la cuestión" en que se halla la formulación del concepto, que permite cambiar el plano para hacer pensables ciertos movimientos y dinámicas de lo político y un documentado balance de lo que desde ese plano se ha comenzado a 'pensar/investigar' en Colombia. Y aunque, temáticamente se recorte el campo de la investigación al ámbito de las culturas educativas, lo que desde ahí se hace oteable y visible es muchísimo más ancho.



**MALOQA, CHAGRA, RÍO Y SELVA
Escuela de la gente del agua**
**Ana Valentina Castro Huertas
y Widman Said Valbuena Buitrago**

Universidad Pedagógica Nacional
Primera Edición, 135 pp.
Bogotá, D.C.
2005

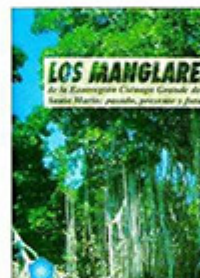
Esta publicación recopila las memorias de la práctica pedagógica realizada en el Internado Rural de Santa Isabel del Pirá (comunidades indígenas del Pirá en el Vaupés). Permitiendo conocer los procesos educativos de esta comunidad donde la escuela asume otro tipo de responsabilidades, diferentes a las formativas, supliendo deberes correspondientes a la familia y generando necesidades y dependencias que no existían. Por ello, se vive "entre la tiza y el río", entre lo ajeno y lo propio, que en relación poco equitativa ha llevado a que las comunidades no hayan tenido la opción de opinar y dirigir los procesos de cambio de su legitimidad histórica, su memoria cultural y su identidad como miembros de la etnia. Se evidencia el papel que ha jugado el internado en las transformaciones que ha sufrido la comunidad. Aparte de ser un texto que nos da a conocer la cultura de esta comunidad indígena provee una propuesta curricular etnoeducativa, orientada a la integración de las áreas y a la articulación de conocimientos y saberes, se ajusta más al perfil del indígena que se quiere formar, como respuesta a los cambios que ha sufrido la comunidad, aportando en la formación integral de individuos conocedores de su cultura y capaces de relacionarse con otros, en términos de equidad y respeto a la diferencia, por cuanto lo que aprende tiene sentido.



**ITIC2
Una propuesta metodológica de integración tecnológica al currículo**

**Ligia Machado Pérez
Ferley Ramos**
Universidad Pedagógica Nacional
Bogotá, Colombia.
2005

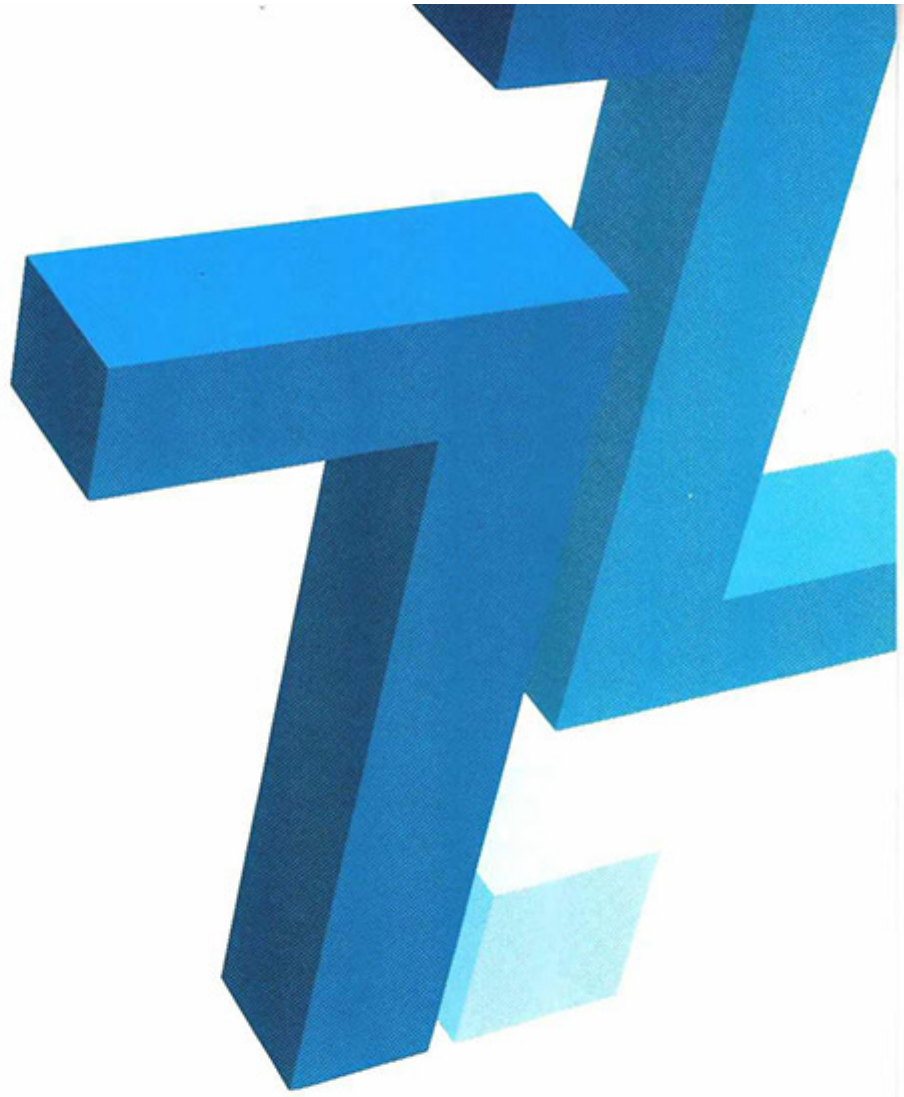
ITIC es una propuesta metodológica para la integración de la tecnología informática y comunicacional al currículo mediante la utilización de una intranet escolar. Desarrolla una serie de estrategias y actividades utilizando las herramientas o servicios que ofrece una red, como la navegación de forma hipertextual en páginas web, correo electrónico, carteleras de mensajes digitales, foros de discusión, mensajería digital en tiempo real, entre otros. Desarrolla de esta manera las temáticas de las diferentes áreas del grado once, y permite la integración curricular a través de la tecnología informática y comunicacional.



LOS MANGLARES DE LA ECORREGIÓN CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA

INVEMAR
Santa Marta
2004

Los manglares se encuentran entre los denominados ecosistemas marinos costeros estratégicos y sirven como puente entre dos mundos: el marino y el terrestre. Este ecosistema es un reservorio de biodiversidad al servir como sala-cuna de innumerables especies de peces, y a través de la producción y descomposición de la hojarasca soporta una intrincada cadena alimenticia. Asimismo, entre otras funciones se destaca la protección de la línea costera y la fijación del gas carbónico de la atmósfera. INVEMAR presenta con orgullo a la comunidad científica nacional e internacional esta obra, que representa una síntesis de algunos tópicos del conocimiento obtenido en el transcurso de cuatro décadas por investigadores del INVEMAR y de otras instituciones nacionales y extranjeras.



interlat
g r o u p

Empresa latinoamericana enfocada a la investigación, desarrollo e implementación de Negocios Electrónicos innovadores y rentables en la Internet.

Miembros

eproyectos

www.eproyectos.biz

mercar[®]
nunca fue tan fácil

www.mercar.org



eMarketing para los dos
www.eplus2.com

LINUX  **LAT**

www.linuxlat.com

Avenida Carrera 15 No. 122-51 of 206.

Teléfono: 57(1) 6 29 08 06

www.interlat.org

info@interlat.org

Bogotá - Colombia

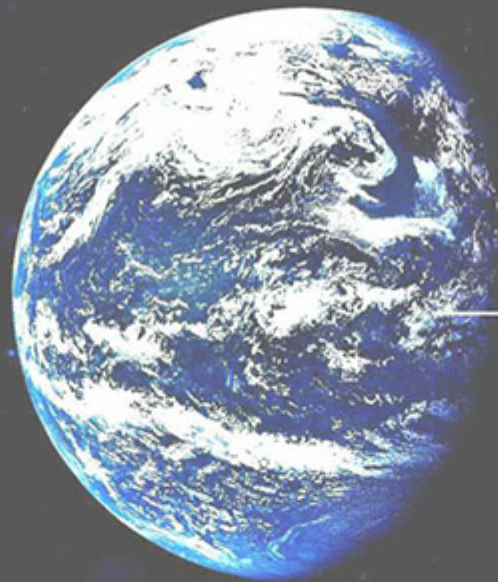
Algunos de Nuestros Negocios

DVDs  **COLOMBIA**
.com

www.dvdscolombia.com

Dupli
Kioskos

www.duplikioskos.com



$$G_{\infty\beta} = R_{\infty\beta} - \frac{1}{2} R g_{\infty\beta}$$

en donde:

$$G_{\infty\beta} = 8\pi T_{\infty\beta}$$

$R_{\infty\beta}$: Tensor de curvatura

$T_{\infty\beta}$: Tensor de energía-momento

LA MENTE BUSCA
COMPRENDER LA NATURALEZA
Y MARAVILLARSE ANTE SU BELLEZA.

En la Fundación Mazda para el Arte y la Ciencia llevamos 15 años apoyando la inteligencia, el talento de los jóvenes colombianos y también la difusión del arte y la cultura.

Hemos otorgado más de 189 becas para postgrado en Colombia o en el exterior, en las áreas de matemática pura, física teórica y también para pregrado de música clásica en Colombia.

Además la Fundación Mazda para el Arte y la Ciencia ha realizado más de 130 conciertos de música clásica.

