



# Innovación y Ciencia

Wolke en el + 31 y + Talla postal refectiva a 200 usay + Colores 5 colores





[áce-áce]

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

ACAC desarrolla diversos programas  
cuyos fines son

**integrar** a la comunidad científica

y reforzar su compromiso con el

estudio de los problemas del país,  
**difundir** el conocimiento científico,

promover y apoyar la

**investigación Científica y Tecnológica**

e impulsar programas de apropiación social  
de Ciencia y tecnología.

Correo electrónico [acac@acac.org.co](mailto:acac@acac.org.co)

**[www.acac.org.co](http://www.acac.org.co)**

REVISTA INNOVACIÓN Y CIENCIA  
Volumen XVII N° 4

PUBLICACIÓN DE:  
Asociación Colombiana para el Avance  
de la Ciencia ACAC

JUNTA DIRECTIVA -ACAC-

Eduardo Posada Pérez

Rafel Jory O.

Rubén Ardila A.

Guillermo Hoyos V.

Carlos Corredor P.

Marcelo Rivera R.

Elena Stanohenko

Horacio Torres S.

Helena Groot

Centro Internacional de Entrenamiento e

Investigaciones Médicas - CIDEIM

Academia Colombiana de Ciencias Exactas,

Físicas y Naturales - Acefyn

Centro Interactivo Maloka

**PRESIDENTE**

Eduardo Posada F.

**DIRECTORA EJECUTIVA**

Carmen Helena Carvajal López

**COORDINACIÓN EDITORIAL**

Germán Cúbillos Alonso

**ASISTENTE EDITORIAL**

María Carolina Suárez S.

**COMITÉ EDITORIAL**

Eduardo Posada F.

Carmen Helena Carvajal

Carlos Corredor P.

Guillermo Hoyos

Andrés Pérez

Horacio Torres S.

Elizabeth Castañeda

Marcelo Rivera

**CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL**

León Lederman

Isabel Llano

Rodrigo Llinás

**PRODUCCIÓN, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

Susana Camiló

**COORDINACIÓN DE ESTILO**

Gabriela de la Pina

**PROGRAMA DE**

Eduardo Carvajal

Autores y Banco de imágenes

**IMPRESIÓN**

Panamericana Formas e Impresos

**COMERCIALIZACIÓN**

Departamento de Mercado de ACAC

**DISTRIBUCIÓN**

Distribuidoras Unidas



**CARÁTULA**

"Sin título" • Susana Camiló

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. 5427 del 9 de octubre de 1992  
ISSN 0929-5140

Tarifa postal reducida No. 2008- 194 de Servicios Postales Nacionales  
Vence: 31 de diciembre de 2008

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

Teléfonos: 3150734 - 3155900

Fax: 2216950

Email: [innovacionyciencia@acac.org.co](mailto:innovacionyciencia@acac.org.co)

Bogotá, D.C. - Colombia

Precio de venta al público: \$12.000

Suscripción (4 números al año): \$45.000 para Bogotá,

\$50.000 fuera de Bogotá

# Sumario

Innovación y Ciencia • Volumen XV • N° 4 • 2008

## ■ Editorial ◀ ▶ 6

## ■ Vistazos ◀ ▶ 8

Los premios Nobel 2008:  
De química, medicina, economía, literatura,  
de la paz y de física



## ■ Lenguaje y realidad ◀ ▶ 16

JUAN PABLO RAMÍREZ GERALDO

Discurso frente a la ciencia y la técnica



## ■ Nanotecnología ◀ ▶ 26

J. C. SALCEDO REYES

Estudio de las propiedades de refracción de ópalos  
artificiales de SiO<sub>2</sub>



## ■ Ver para conocer... conocer para preservar ◀ ▶ 35

FOTO EDUARDO CARVAJAL LÓPEZ



## ■ Bioquímica ◀ ▶ 36

WILLIAM VILLAMIL-VILLAR

Metabólica... qué tan cerca estamos



## ■ Bioinformática ◀ ▶ 46

CONSTANZA CÁRDENAS C.

Cultivando el mar para poder comerlo: salmonicultura



4

## ■ Energías alternativas ◀ ▶ 54

FABIO EMIRO SIERRA VARGAS • FABIOLA MEJÍA BARRAGÁN  
Cocinas solares



## ■ Ingeniería, diseño y salud ◀ ▶ 64

JUAN CARLOS BOMÓRQUEZ REYES • MIRIAN CARRASCO GONZÁLEZ  
MARIO ALBERTO PINILLA G.

Sin límites: desarrollos facilitadores de la expresión  
de personas con necesidades especiales



## ■ Geología ◀ ▶ 70

CARLOS MARTÍN MOLINA GALLEGO

Historia y desarrollo  
de la geología forense en Colombia:  
materiales del planeta Tierra como  
evidencia para la justicia



## ■ Retrato de personaje ◀ ▶ 78

RUBINSTEIN HERNÁNDEZ BARBOSA

El oráculo de la ciencia



## ■ Sitios web ◀ ▶ 89

5

**E**n el mundo globalizado de hoy, la ciencia, la tecnología y la innovación son factores esenciales para el progreso de los pueblos y para contribuir a solucionar los grandes problemas que enfrenta la sociedad contemporánea. Un país que no cuente con una capacidad propia para generar conocimiento, no puede aspirar a integrarse con éxito al concierto de las naciones modernas.

El subdesarrollo, más que un problema económico, es cultural y educativo. A eso se debe que en los países pobres la toma de decisiones a todos los niveles tenga más que ver con situaciones coyunturales que con estrategias de mediano y largo plazo. En los países industrializados y en los de reciente industrialización, la ciencia y la tecnología están en el centro del debate como factores estratégicos del desarrollo económico; en el nuestro han sido por mucho tiempo temas accesorios que, a duras penas, se mencionan para dar contorcillo a unos pocos científicos exóticos.

En los últimos años, sin embargo, han tenido lugar en el país iniciativas importantes cuyo impacto permite ver el futuro con optimismo.

La Ley 29 de 1990 y los decretos-ley que se derivaron de ella crearon el actual Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, reestructuraron a Colciencias y establecieron pautas de contratación que hoy todavía están vigentes.

A mediados de los años noventa, la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo formuló planteamientos concretos que fueron acogidos parcialmente por el Gobierno y que incidieron en reformas a la educación y en una mejora sustancial del presupuesto de Colciencias a través del préstamo BID III, aunque sin alcanzar la meta de inversión inicialmente planteada.

Como resultado de las iniciativas anteriores, Colombia empezó a desarrollar una capacidad importante para generar conocimiento. Prueba de ello son los más de 2.000 grupos y 100 centros de investigación registrados en Colciencias que conforman el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y el Sistema Nacional de Innovación.

Más recientemente, el Plan de Desarrollo 2007-2010 consagró un espacio importante al tema de la ciencia, la tecnología y la innovación y, en principio, duplicó el presupuesto de Colciencias para los próximos tres años. Si bien se trata de un avance notable, es bueno recordar que tan solo ahora, después de diez años, se volverá a recuperar el presupuesto en dólares que tuvo Colciencias en 1996.

Igualmente el Plan 2019 da un espacio particular a este tema y propone metas de inversión del 1,5% del PIB para el año 2015 y del 2% para el año 2019.

Hace algunos meses, Colciencias puso a disposición de la comunidad científica y tecnológica nacional el documento sobre la Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación. Es muy importante que la comunidad científica lo conozca y lo apoye, ya que establece lineamientos esenciales hacia el futuro.

Por último, la propuesta de una nueva ley de ciencia y tecnología, a la cual la ACAC ha contribuido en el marco del foro Maloka y que cuenta con el apoyo de prestantes miembros del Congreso, culminó con la presentación, el 20 de julio del año pasado, del proyecto de ley 028 de 2007 preparado por la senadora Marta Lucía Ramírez y el representante Jaime Restrepo.

El 20 de julio pasado se radicaron modificaciones al proyecto, cuyos principales aspectos consisten en cambiar la institucionalidad propuesta inicialmente de Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación a la de Departamento Administrativo de CTeI, y crear un instrumento financiero novedoso que permita un manejo muy dinámico de los recursos.

El proyecto fue aprobado en agosto pasado por la plenaria de la Cámara de Representantes y el pasado 3 de diciembre en la Comisión Sexta del Senado.

Estamos viviendo un momento crucial, no sólo para la ciencia y la tecnología en Colombia, sino para garantizar a nuestro país un desarrollo económico de largo plazo, basado en su capacidad de producción de conocimiento. Es fundamental que toda la comunidad científica y académica se una para garantizar el éxito del proyecto y para evitar que, por problemas de trámite, una iniciativa tan importante se pueda ver comprometida.

**EDUARDO POSADA FLORES**

Presidente

**CARMEN HELENA CARVALLO LÓPEZ**

Directora Ejecutiva



# Innovación y Ciencia

## TEMAS

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

## LENQUAJE

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

## EXTENSIÓN

Máximo 30 páginas tamaño carta en letra Arial 12, a doble espacio (excluyendo ilustraciones y cuadros).

## FORMATO

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

## MATERIAL GRÁFICO

- Es importante anexar el mayor número posible de ilustraciones, fotografías y diapositivas, acompañadas de notas explicativas (pie de foto) 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 o digital).
  - Tablas o cuadros sin demasiadas columnas.
- El material fotográfico no debe ser tomado de libros, revistas o internet y debe indicarse su autoría o fuente, si es necesario.
- Del material recibido se seleccionará el de mayor calidad para su publicación y una vez editada la revista, el material será devuelto al autor.

## REFERENCIAS

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

### 1. Artículo de revista científica:

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

### 2. Artículo de libro:

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

## RESUMEN

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

## IDENTIFICACIÓN DEL AUTOR

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

## RECOMENDACIONES

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

Asociación Colombiana  
para el avance de la Ciencia -ACAC-  
Calle 44 N° 45 - 67 Unidad Camilo Torres  
Bloque C • Módulo 3  
Fax: 2216950 • 2219953 • Tels: 3355898 • 3150734  
innovacionciencia@acac.org.co  
Bogotá, DC, Colombia



## Premios Nobel 2008

El premio Nobel de Paz en 2008: la evidencia de su posibilidad.

VICTOR GUERRERO APARÍZ  
PROFESOR TIEMPO COMPLETO PBI  
FACULTAD CIENCIAS POLÍTICAS  
Y RELACIONES INTERNACIONALES.

A diferencia de sus congéneres el Premio Nobel de Paz no se otorga en la ceremonia anual decembrina que tiene lugar en Estocolmo, sino que su entrega se efectúa en la vecina Oslo. Esto conlleva que mientras aquellos tienen lugar dentro del marco de la Unión Europea, este último se verifica en los márgenes de Europa, comocuenta que Noruega no hace parte de la Unión Europea. Durante el siglo XX, calificado por los historiadores como el más sangriento en la historia, la filosofía de los Premios Nobel de Paz –concebidos como el reconocimiento a destacadas contribuciones en favor de la convivencia pacífica y la superación de la guerra– se ha visto enfrentada a considerables desafíos y ha experimentado transformaciones significativas en un contexto internacional muy cambiante, viéndose obligada en ocasiones a realizar escogencias que aún hoy despiertan apasionadas polémicas entre los propios partidarios del premio y con mayor razón, entre sus detractores.

Desde su primera entrega en 1901 al fundador del Comité Internacional de la Cruz Roja, Henri Dunant, el filántropo suizo bajo cuya égida se dio inicio al movimiento ginebrino de humanización y regularización de la guerra, se privilegió a quien dedicó su vida no propiamente a la consecución de la paz sino a la supresión de sus excesos. Desde entonces, la selección de sus laureados no ha dejado de oscilar entre sus preferencias por políticos realistas que pese a haber sido protagonistas de situaciones bélicas,



Martti Ahtisaari, premio Nobel de Paz, 2008.

puediendo incluso ser calificados como criminales de guerra, desempeñaron un papel importante en la negociación de posteriores acuerdos de paz respecto de conflictos armados de terribles consecuencias –Teodoro Roosevelt, Henry Kissinger, Yasser Arafat, Menahem Begin–, de una parte, y en el otro extremo, auténticos pacifistas o genuinos irenistas cuya vida y obra significó y significa una dedicación a la causa de la consecución de la paz –René Cassin, Albert Schweitzer, Martin Luther King, Pérez Esquivel, Ramos Horta, Tenzin Gyatso XIV Dalai Lama, Rigoberta Menchú, Sor Teresa de Calcuta– y sobre quienes no pareciera existir mayor discusión.

La elección este año de Martti Ahtisaari representa una relativa novedad y un parcial retorno a la categoría de auténticos negociadores y mediadores en el corazón de situaciones bélicas conflictivas de alta complejidad y duración. Su trayectoria como resolutor de conflictos armados internacionales es, en comparación con sus antecesores

laureados, significativamente mayor, si bien la dimensión de su papel y la huella personal de su intervención sea difícilmente dissociable de las instituciones internacionales que se dieron cita en cada de una las ocasiones en que intervino. Pero no por ello menos impresionante. Funcionario diplomático de cámara con amplia experiencia especialmente en África, su designación como Representante Especial de Naciones Unidas para Namibia en 1988 fue la primera oportunidad para desempeñar un papel importante en una situación que en el caso de la Guerra Fría y de cara a una situación con más de veinte años de conflicto armado prolongado, no dejaba entrever mayores esperanzas.

En Namibia, la antigua colonia alemana de África Sur Occidental, se desarrollaba una brutal guerra entre las fuerzas de Sudafrica que habían ocupado ilegalmente el país desde finales de la II Guerra Mundial –situación condenada por la Corte Internacional de Justicia en 1966– instaurando un régimen de

segregación racial, y las fuerzas de la Organización Popular del África Occidental (SWAPO) que agrupaba a diferentes sectores nativos, rodeada a su turno por las guerras escenificadas en Angola, Mozambique y demás países vecinos, y unas y otras apoyadas por los dos bloques geopolíticos característicos de la Guerra Fría. Las negociaciones adelantadas supusieron el despliegue de una serie de instrumentos e instituciones novedosas como el Grupo de Contacto encargado de conciliar las posiciones antagónicas de los países miembros del Consejo de Seguridad, el Grupo de Asistencia a la Transición que creó un horizonte político post conflicto que habilitara el retiro de Sudafrica, garantizando que el país encontraría su propio derrotero sin alterar el equilibrio geoestratégico –permitiendo la adopción de medidas en el Consejo de Seguridad–, cuya acción conjunta logró una de las más exitosas operaciones multidimensionales de mantenimiento de paz en la historia, como es juzgada por los analistas internacionales. El papel crucial desempeñado por Ahtisaari contribuyó sin duda a conseguir la superación de la guerra en Namibia, poniendo fin a una situación de apartheid y haciendo posible el advenimiento de la democracia. Ello constituiría un antecedente precursor de lo que sucedería a continuación en la propia Sudafrica con su transición a mediados de los años noventa.

El prestigio ganado le serviría para ser llamado como negociador de los esfuerzos para poner fin al conflicto que se había desatado en la provincia serbia de Kosovo, cuando las fuerzas autonomistas entraron en abierta confrontación militar con el gobierno de Belgrado bajo la mano firme de Milosevic en 1999. En esta oportunidad la intervención armada de la OTAN para presionar un arreglo político que reconociera la autonomía de la provincia separatista, convertida a un negociador finlandés en una figura ideal, pues la no pertenencia de su país a la OTAN le acreditaba la imprescindible imparcialidad para ser aceptado por las partes. Fueron

unas negociaciones difíciles, dramáticas y debatibles, donde la zanahoria y el garrote cumplieron un papel definitivo para la anuencia yugoslava al plan de paz, en medio de los bombardeos ordenados por la OTAN y la acusación como criminal de guerra contra Milosevic proferida por el Tribunal Penal Internacional para la antigua Yugoslavia. Ahtisaari pudo conciliar los intereses de Rusia, las demandas europeas y estadounidenses al igual que las contenciosas posturas de Yugoslavia y la radicalidad de los representantes kosovares. La fórmula de máxima autonomía para estos últimos y la presión para que Serbia, en su condición de Estado sucesor de Yugoslavia, la aceptara como requisito para su posterior integración dentro de la Unión Europea llevaron a buen término la negociación poniendo fin a esta segunda guerra balcánica. A partir de 2004, Ahtisaari se desempeñó de nuevo como mediador entre el gobierno de Malasia y la rebelde provincia musulmana de Aceh llevando a buen término la negociación de un conflicto que llevaba más de dos décadas sin resolverse y que había cobrado la vida de cientos de miles de víctimas. Finalmente, en las negociaciones del año antepasado sobre el estatuto definitivo de Kosovo como estado independiente, Ahtisaari volvió a desempeñar un papel preponderante a lo largo de todo el proceso de los grupos de contacto con representantes de las partes, los estados europeos y los rusos. Si bien la decisión de partición territorial y política propugnada por Ahtisaari, ha sido sometida por Serbia a una decisión consultiva sobre su legalidad ante la Corte Internacional de Justicia y generado numerosas críticas –el posible efecto dominó de otros movimientos secesionistas del cual Osetia e Ingushetia en el reciente conflicto de Georgia serían un buen ejemplo–, el derrotero asumido constituye una sustancial superación de las condiciones iniciales.

Este palmarés hace parte entonces no sólo de una posible renovación del

prestigio del Premio Nobel de Paz, sino de una reafirmación internacional de la posibilidad de la construcción del motivo del premio, la paz como tal. Resta la visita del laureado a nuestro país para demostrar a escépticos y realistas a ultranza que la superación de la guerra no es una locura sino una posible premura.

## Nobel de Medicina 2008

DIARIOMÉDICO.COM • REACCIÓN  
06/10/2008  
[http://www.diariomedico.com/ediciones/diario\\_medica/medicina/en/Desarrollo/132950.html](http://www.diariomedico.com/ediciones/diario_medica/medicina/en/Desarrollo/132950.html)

El Premio Nobel de Medicina 2008 reconoce el hallazgo de dos de los virus más devastadores para el hombre: el VIH y el virus del papiloma humano (VPH).

El descubridor del VPH, Harald zur Hausen, director científico del Centro Alemán para la Investigación Oncológica, de Heilbronn (Alemania), se dio cuenta de que el ADN de este virus se encontraba en un estado no productivo en los tumores de cérvix y que podía ser detectado mediante una búsqueda específica del ADN viral.

Por su parte, Françoise Barré-Sinoussi, directora de la Unidad de Regulación de Infecciones Retrovirales, del Instituto Pasteur, en París, y Luc Montagnier, presidente de la Fundación Mundial para el Estudio y la Prevención del Sida, descubrieron el virus de la inmunodeficiencia humana-1 y lo caracterizaron basándose en sus propiedades morfológicas, bioquímicas e inmunológicas, demostrando también su capacidad para inducir la replicación masiva y el daño celular en los linfocitos.

En contra de la visión predominante durante los años setenta, Zur Hausen postuló que el VPH cumplía un papel fundamental en el cáncer de cérvix. Supuso que, si las células tumorales contenían un virus oncogénico, deberían albergar ADN viral en sus genomas. Los genes del VPH que promueven la proliferación celular debían, por tanto, ser detectables si se conseguía encontrar las células tumorales con ese ADN viral. Zur

Hausen persiguió esa idea durante más de diez años investigando distintos tipos de VPH. La tarea era más difícil porque sólo parte del ADN viral se integra en el genoma del organismo infectado.

Descubrió nuevo ADN del VPH en biopsias de cáncer de cérvix y halló el nuevo tipo de virus tumorigénico VPH 16 en 1983. En 1984, clonó los VPH 16 y 18 de pacientes con cáncer de cuello uterino, tipos virales que posteriormente se han encontrado en alrededor del 70% de las biopsias de cáncer de cérvix en todo el mundo.

#### Importancia del descubrimiento del VPH

El impacto de los virus del papiloma humano en la salud pública es considerable. Más del 5% de todos los casos de cáncer del mundo están causados por una infección persistente de este virus. La infección por VPH es el agente de transmisión sexual más frecuente, y afecta entre el 50 y el 80% de la población. De los más de cien tipos conocidos, unos 40 infectan el tracto genital y 15 provocan un elevado riesgo de cáncer de cérvix en mujeres. Además, el VPH está presente en algunos tumores de vena, pene y boca, entre otros. El VPH puede ser detectado en el 99,7% de las mujeres que han padecido cáncer de cérvix histológicamente confirmado, por lo que afecta a unas 500.000 mujeres por año.

Zur Hausen demostró nuevas propiedades del VPH que han llevado a comprender los mecanismos de la carcinogénesis, inducida por el virus, y de los factores que predisponen a la persistencia del virus y a la transformación celular. Fue él quien puso a disposición de la comunidad científica los tipos 16 y 18 del VPH.

En última instancia, se han desarrollado vacunas que protegen más de un 95% de protección de la infección por los tipos 16 y 18, que tienen un elevado riesgo de causar cáncer. Las vacunas también pueden reducir el impacto global del cáncer y la necesidad de cirugía en las pacientes afectadas.

Françoise Barré-Sinoussi y Luc Montagnier comenzaron la búsqueda del virus de la inmunodeficiencia humana-1 (VIH-1) en 1981, nada más conocer los informes que hablaban de un extraño síndrome entonces conocido como "cáncer rosa" por afectar principalmente a la comunidad homosexual. Aislaron y cultivaron células de los ganglios linfáticos de pacientes infectados y detectaron la actividad de la enzima retroviral transcriptasa inversa.

Analizaron varias muestras virales y comprobaron que, a diferencia de otros retrovirus oncogénicos ya caracterizados, el nuevo virus no induce el crecimiento celular descontrolado sino que para su replicación y fusión requería la activación celular mediada por los linfocitos T. Esto explicó en parte cómo el VIH deterioraba el sistema inmune, ya que los linfocitos T son esenciales para la defensa inmunitaria. En 1984, Barré-Sinoussi y Montagnier obtuvieron diversas muestras aisladas del virus, que fue identificado como un lentivirus, procedente de enfermos infectados por vía sexual, hemofílicos, transfundidos y por transmisión vertical.

Poco después del hallazgo del virus, varios grupos contribuyeron a demostrar que el VIH era el causante de lo que hoy conocemos como síndrome de inmunodeficiencia humana, permitiendo conocer los ciclos de replicación y cómo el virus interactúa con el huésped. Asimismo, se desarrollaron métodos diagnósticos y varios tipos de fármacos que en combinación con estrategias preventivas consiguieron poner freno a lo que ya se denominaba la pandemia del siglo XX.

La identificación y el estudio de las interacciones entre el virus y su huésped han permitido obtener información sobre cómo el VIH evade el sistema inmune alterando la función de los linfocitos T, cambiando constantemente y escondiendo su genoma en el ADN de los linfocitos del huésped. Esto es lo que hace que la eradicación del virus sea tan difícil y requiera un tratamiento antiviral prolongado.

Nunca antes la ciencia y la medicina respondieron con tanta celeridad a una urgencia sanitaria de este tipo, identificando el origen de la infección y ofreciendo tratamientos para una nueva enfermedad. La terapia antiretroviral que hoy reciben miles de pacientes infectados por el VIH ha multiplicado drásticamente su esperanza de vida, alcanzando niveles similares a los de una persona no infectada.

#### Jean-Marie Gustave Le Clézio, premio Nobel de Literatura 2008: el reconocimiento a la voz desconocida

JUAN ALBERTO BLANCO PUENTES  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
blanco.jaang@javeriana.edu.co

El pasado 9 de octubre, la Academia Sueca otorgó el premio Nobel de Literatura al francés Jean-Marie Gustave Le Clézio<sup>1</sup> (1940). Tal reconocimiento, si bien generó comentarios de diversa índole —para toda gran decisión existen pertinentes palabras—, para aquellos que sólo estamos a la expectativa no fue más que la respuesta a la pregunta ¿quién será el galardonado? El premio es el reconocimiento a una voz, para muchos, desconocida, pero para unos pocos es quizás la reafirmación general de un gusto por las voces nuevas, ajenas a lo común, y tal vez, es retomar la senda que da origen a nuevos caminos desde la palabra escrita, entendida como "un conjunto de permisos que se dan para ser expresiva de modos definidos. Para inventar. Para saltar. Para volar. Para caer. Para encontrar la manera peculiar de namar e insistir, es decir, encontrar la libertad interior" (Sontag, 2007: 294).

En Jean-Marie Gustave Le Clézio confluye una génesis de múltiples tintes: una geográfica —es franco-mauriciano (francés, pero cercano a las islas

<sup>1</sup> También fue galardonado con el premio suizo Sig Bismarck (2004), el mayor escritor francés vivo por la revista *Lire* (1994), el Premio Paul Morand en 1990, el Premio Renaudot (1991) por la novela *Le Prince vert* (1987) y el Premio Femina.



Jean-Marie Gustave Le Clézio, premio Nobel de Literatura 2008.

Mauricio) — y otra geográfica — tiene origen anglo-bretón (padre inglés y madre bretona, toda su herencia) —.

Asimismo, amplía la geografía de dicho origen —su matrimonio con Jemá, de nacionalidad mamboquí— y convierte su obra en expresión fluida de un mundo que comenzó a reconocer a los 8 años de edad, cuando su familia se trasladó a Kenia (África) y le permitió el acceso al estado primitivo de la naturaleza, aparentemente ajena, pero después asumida como propia en las novelas *Onitsha* (1991) y *L'Africain* (2004).

—*El africano*, 2007—. Diecinueve años después fue enviado a Tailandia para realizar su servicio militar, que terminó cumpliendo en México; luego, entre 1970 y 1974, convivió con los indios Embera-Wounaan de Panamá (su segundo encuentro con lo primitivo, pero ahora en este lado del mundo).

La diversidad de temáticas tratadas en sus obras va desde la nostalgia por el pasado perdido —y que al parecer encuentra lejos de su patria (África y América)—, pasando por el exilio (individual y colectivo), pues termina siendo un habitante del mundo, hasta llegar a la narrativa de viajes —como posibilidad del conocimiento humano desde lo primitivo (externo al sujeto y

existente en la periferia del mundo)—; acaso la dualidad moderno-occidental (colectivo conflictivo con el centro de su memoria) y, por supuesto, el conflicto Primitivismo contra Civilización (cuya versión latinoamericana se conoce como Civilización y Barbarie) son los causantes de la locura de algunos individuos (personajes); y reconocer la causa de su escritura: la búsqueda de su propia historia (de tal manera que le permita ubicarse en el mundo, con sus coordenadas). Sus textos<sup>2</sup> sugieren un escenario determinado por la actitud que el personaje asume desde su núcleo interior como expresión del exodo social. Es así que toma relevancia la idea de que

<sup>2</sup> Su escritura abarca distintos espacios literarios, además de las novelas mencionadas, entre ellas: *El mundo, el cielo y el infierno* (1966), *Quelques jours*, *Méditerranée* (1967), *Novembre*, *Conte de Noël* (1968), *Le Prince vert* (1969), *El parador* (1970), *Le carnaval* (1971), *Le Prince vert* (1971) —en español—, *Le carnaval* (1972), *Conte de Noël* (1973), *Vivre à Richikien* (1974), *El buscador de oro* (1975), *Le guerre* (1976), *Le monde* (1976), *Le Prince vert* (1976), *Les fleurs de l'océan*, *Cœur brûlé* y otros cuentos (1980) y *Wanda* y otros cuentos (1981), *Les livres de relats*, *Devant l'océan*, *Le défilé* (1981) y *Le filaire* (1981), los libros para niños: *Wagga au pays des rêves* (1981) y *Chéri qui s'en va* (1981) y *Le mer* (1981), *biographie*, *Préface* y *Deux ans que l'histoire de amour en temps de la mondialisation* (1991), *enquêtes*, *L'écriture sur la terre* (1991), *Vers les horizons* (1991) —sucesos de M. Michaux— y *Écrits postérieurs* (1991), traducciones: *Les Prophètes du Châli-Balim* —Las profecías del Châli-Balim— (1991), *Le Mer messin* —La península messinense— (1991), *Le monde méditerranéen* —El mundo mediterráneo y el pensamiento mediterráneo— (1991), y entrevistas: *Albans* (1991), y un artículo escrito.

la palabra, si bien evoca las dificultades subjetivas del hombre, también se libera hasta alcanzar niveles de dispensación que abarcan a todo lector, de hecho, el lenguaje en Le Clézio toma dos caminos: uno, "determinado por la historia, por las circunstancias, por la utilización individual de un momento determinado" (Said, 2004: 193); y otro, el lenguaje es palabra para (Said, 2004: 193). Entonces, el viaje que comenzó como el acto de apropiación de lo ajeno se convierte en proceso que determina las nuevas significaciones de la realidad, pues los nuevos referentes no son particulares/individuales, sino generales/sociales. Y en este momento de lectura empezamos a identificar a un habitante del mundo que con su voz recoge toda la polifonía de la contemporaneidad histórica que hoy vivimos bajo el rótulo de la globalización.

**Referencias**  
Said, Edward (2004). *El mundo, el cielo y el infierno*. Barcelona: Debate.  
Sontag, Susan (2007). *Conte de Noël*. Bogotá: Alfaguara.

#### Premio Nobel de Química 2008: el maravilloso mundo de la proteína GFP

CARLOS YESID SOTO  
PROFESOR ASOCIADO, DEPARTAMENTO DE QUÍMICA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
esytos@unal.edu.co

JAVIER HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ  
PROFESOR-INVESTIGADOR, FACULTAD DE CIENCIAS-UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO

En el año 2008 tres científicos han sido galardonados con el premio Nobel de Química por su contribución al estudio de la "Green Fluorescent Protein" o GFP, una proteína fluorescente codificada en el genoma de la medusa *Aequorea victoria*. La GFP ha facilitado el trabajo de bioquímicos, biólogos, médicos y otros investigadores, ya que por medio de su característico color verde, ha sido utilizada para señalar *in vivo* muchos procesos biológicos como el crecimiento de un tumor cancerígeno, el desarrollo del Alzheimer en las células nerviosas,

el crecimiento de una bacteria patógena, o mostrar con simplicidad la interacción entre proteínas específicas en los tejidos.

En 1995, Osamu Shimomura siendo un estudiante inexperto en el japon, fue motivado por su director a trabajar en un proyecto casi imposible: determinar la fluorescencia emitida por restos del molusco *Cypridina* al ser humedecidos con agua. Este fenómeno estaba siendo estudiado al mismo tiempo por un experimentado grupo de investigadores en EUA, sin ningún resultado concluyente. En 1996 Shimomura, contra todos los pronósticos, había purificado una proteína que brillaba 37.000 veces más que el macerado del molusco húmedo.

Por otra parte, Martin Chalfi quien trabajaba con *C. elegans* conoció la GFP por primera vez en 1988, e inmediatamente pensó que podía ser una fantástica herramienta para señalar procesos internos de este nematodo transparente. Chalfi clonó el gen que codifica la GFP y lo expresó en una bacteria, observando cómo emitía fluorescencia verde. Esta fue la base del hoy revolucionario uso de GFP. El mismo Chalfi en 1994, publicaba en *Science* la expresión de GFP en los receptores neuronales de *C. elegans*.

Posteriormente, Roger Tsien estudiando la fluorescencia de GFP encontró que esta proteína estaba constituida por 238 aminoácidos, y que poseía un núcleo cromóforo entre los aminoácidos 65-67, encargados de la emisión de fluorescencia al reaccionar con oxígeno. Tsien usó la proteína cambiando sus aminoácidos en diferentes partes, con lo que originó nuevos colores fluorescentes: el cian, azul, amarillo y rojo. En 2007 investigadores de la Universidad de Harvard expresaron estas proteínas en el cerebro del ratón, lo que permitió observar la interacción de las neuronas como una red mancomunada.

De todas formas la actual popularidad de la GFP no se ha escapado de polémicas. Quién logró clonar inicialmente el gen



Paul Krugman, premio Nobel de Economía 2008.

de la GFP no ha sido ninguno de los tres premiados, sino Douglas Prasher, un investigador del Laboratorio de Biología Marina de Woods Hole, Massachusetts, quien desafortunadamente no logró transferir la propiedad fluorescente a otros organismos después de varios intentos, lo que le restó impacto científico a sus investigaciones.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, la importancia de la GFP no radica simplemente en la fluorescencia, sino en su enorme aplicación biotecnológica fruto de las herramientas del ADN recombinante.

Aunque su aislamiento y purificación por parte de Shimomura ha sido un trabajo científico meritorio, la GFP no hubiera pasado de una curiosidad científica sin la proyección biotecnológica dada por Chalfi, quien realmente mostró al mundo su enorme aplicabilidad como marcador molecular para detectar otras proteínas. Para quienes trabajamos en Microbiología Molecular, ha sido realmente trascendente la evolución que ha tenido esta proteína como herramienta biotecnológica,

especialmente en las biosciencias del final del siglo XX y lo que llevamos del siglo XXI.

Shimomura, Chalfi y Tsien, en forma separada, estaban construyendo las bases para el uso de GFP como una revolucionaria herramienta para la ciencia, por ello la Academia de Ciencias Sueca los eligió con el premio Nobel de Química 2008.

#### Premio Nobel de Economía

STEPHANIE KANOPY CASTAÑEDA  
ECONOMISTA. GRADO CUM LAUDE  
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
stephanyk@hotmail.com

INTI YAN CUBILLOS  
ECONOMISTA. UNIVERSIDAD EXTERNO  
DE COLOMBIA

ESPECIALISTA EN FINANZAS:  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
icubillos@yahoo.com

El pasado mes de octubre, Paul Krugman fue premiado con el Nobel de Economía por sus trabajos en comercio internacional por sus trabajos en comercio internacional y geografía económica. Krugman retoma conceptos del pensamiento económico que habían sido abandonados y logra

combinarlos para explicar de forma más adecuada el comportamiento actual de la economía y sus consumidores.

Las teorías sobre comercio internacional se remontan a los economistas clásicos. Los primeros en hablar de comercio internacional fueron Adam Smith y David Ricardo a principios de 1800 con sus teorías de ventajas absolutas y ventajas comparativas respectivamente; sin embargo, con el paso del tiempo, ha sido necesario incorporar a la teoría factores que ayuden a explicar el comportamiento del comercio internacional. Es por esto que los neoclásicos Eli Heckscher y Bertil Ohlin perfeccionaron la teoría incorporando la dotación de factores con la teoría de la localización y del libre comercio. No obstante, los desarrollos teóricos no lograban explicar el panorama actual que se vive con el fortalecimiento de la globalización y el dominio progresivo del comercio internacional, donde las economías de la mayoría de los países se encuentran interrelacionadas y las fluctuaciones de los ciclos económicos afectan a la mayor parte de la población mundial. La economía estaba en deuda con la sociedad respecto a la formulación de una nueva teoría que lograra incluir el comportamiento humano con la creciente interrelación económica.

Quizás ese fue el aporte más importante que hizo que Krugman mereciera el Nobel, su "Nueva teoría del comercio", que a pesar de haber sido formulada en 1979, logra explicar de forma más apropiada el comportamiento de la economía internacional en un momento de globalización donde es más complejo encontrar una teoría que explique el comportamiento de los consumidores frente a la economía.

Para elaborar su teoría, Krugman desarrolló y relacionó los conceptos de economía internacional de Ricardo y geografía económica de Heckscher y Ohlin, partió del concepto básico de "economías de escala", por el que, a mayor volumen de producción, más baratos son los

costos, y los consumidores demandan variedad de productos y lo interrelacionó con el concepto geográfico de la concentración y la descentralización.

El enfoque de Krugman está centrado en la premisa de que muchos bienes y servicios pueden producirse más baratos en grandes series con economías de escala y especialización, poniendo a los consumidores en un punto donde sus preferencias son decisivas a la hora de consumir, y clarifica que diferentes países pueden tener condiciones similares y comercializar productos similares. Esta visión del comercio muestra que la especialización hace el intercambio, y son los consumidores quienes se ven beneficiados por los costos más bajos y una mayor diversidad de la oferta.

Al mismo tiempo Krugman explica que estas condiciones de bajos costos y variedad de bienes, popularizan la concentración de los habitantes en centros urbanos con altas tecnologías generando un desbalance regional, ya que las personas migran a los centros urbanos por las condiciones económicas y posteriormente se desarrollaría el concepto de ubicación del mercado laboral. Como resultado, puede presentarse una periferia o área rural con baja población y condiciones agrícolas, lo cual se toma especialmente relevante a la hora de explicar la migración de la población, es un momento donde, por primera vez en la historia, más de la mitad de la población del planeta habita en los centros urbanos.

#### Premio Nobel de Física 2008. Simetrías: ocultas, rotas e inexactas

POR BERNARDO GÓMEZ MORENO  
bgomez@unindenes.edu.co

El Premio Nobel de Física 2008 ha sido repartido, medio premio a Yoichiro Nambu, del Instituto Enrico Fermi de la Universidad de Chicago, por el descubrimiento del mecanismo de rompimiento espontáneo de simetría en la física subatómica y medio premio

compartido entre Makoto Kobayashi, del Laboratorio KEK de Tsukuba, Japón, y Toshihide Maskawa de la Universidad de Kyoto, Japón, por el descubrimiento del origen de la simetría rota que predice la existencia de al menos tres familias de quarks en la naturaleza.

¿Qué es simetría? Hablamos de simetría cuando al realizar una transformación matemática sobre un sistema éste resulta invariante.

La simetría desempeña un papel preponderante en la comprensión moderna del universo, primero en las formas de pensar como guía para descubrimientos, argumentos de simetría, y en el descubrimiento de simetrías propias de los principios más fundamentales de la física.

Fue un argumento de simetría el que llevó a Michael Faraday a la ley de la inducción electromagnética en 1831. ¿Si la electricidad produce magnetismo, será que el magnetismo produce electricidad? Un argumento de simetría contribuyó a que James Clerk Maxwell completara las leyes del electromagnetismo en 1865 en sus famosas ecuaciones. Luego para 1918 con Amalie Noether la simetría alcanzó relevancia fundamental en la comprensión de la naturaleza con el Teorema de Noether, que establece una clara relación matemática entre simetrías y leyes de conservación. Para Paul Dirac la belleza en las ecuaciones, la simetría en la teoría física, era un argumento poderoso y fructífero. De su trabajo de 1928 surge la antimateria como un complemento simétrico de la materia.

Pero la naturaleza a nuestro alrededor aunque es rica en simetrías, es también rica en ausencia de simetrías, o en simetrías inexactas. En las ecuaciones de Maxwell, la simetría no es completa del todo: no observamos cargas magnéticas, con todas las consecuencias que esto trae. Así es la naturaleza.

Hay casos donde la existencia de simetría daría una naturaleza más sencilla y por tanto más bella y comprensible. Pero su ausencia puede ser el resultado



Makoto Kobayashi y Toshihide Maskawa, y el estadounidense de ascendencia japonesa Yoichiro Nambu compartieron el Premio Nobel de Física 2008.

de procesos que, partiendo de un estado simétrico, rompen la simetría y llevan a enriquecer la diversidad observada en nuestro entorno. La naturaleza puede preferir un estado no simétrico, si corresponde a una energía mínima, lo prefiere a mantener un estado simétrico de mayor energía. Hay así simetrías ocultas detrás de lo que no parece simétrico, hay procesos que han roto la simetría y hablamos del rompimiento espontáneo de simetría que lleva a estados de mínima energía.

Una aguja vertical, parada sobre su punta sobre una mesa, está en equilibrio inestable, es un sistema con simetría de rotación azimutal alrededor del eje vertical que coincide con la aguja. Todas las direcciones alrededor de la aguja son igualmente válidas. A la más mínima perturbación en el aire, la aguja cae en una dirección cualquiera, completamente al azar. Se rompe así la simetría del sistema, una dirección quedó seleccionada, es ahora especial. Se produjo un rompimiento espontáneo de la simetría. La aguja caída sobre la mesa es el estado realizado, preferido por la naturaleza por ser de mínima energía, a diferencia del estado inicial simétrico, pero de mayor energía. En la aguja caída está la simetría oculta del estado inicial simétrico.

El mismo ejemplo en la forma de una esfera pequeña, que ubicada en el punto más alto de una semiesfera grande sobre una mesa, cae en alguna dirección al azar,

rompiendo espontáneamente la simetría azimutal inicial.

Hay también simetría oculta en un simple imán permanente a temperatura ambiente: su imanación se debe a la orientación a escala atómica de sus dipolos magnéticos en la misma dirección, que resulta privilegiada, la dirección norte-sur del imán, así que no hay simetría al efectuar una rotación del imán. La simetría oculta se hace evidente al observar el imán a una energía mayor: calentando el imán, se pierde su imanación al desordenarse la orientación de los dipolos, ahora aleatoria, lo que da para el interior del imán una simetría de rotación. Todas las direcciones se presentan ahora por igual.

Pero las simetrías ocultas o rompimientos espontáneos de simetría se presentan no sólo en la forma geométrica de simetría de los ejemplos anteriores. Algo más abstracto, pero en esencia lo mismo, se tiene en teorías de campos con simetrías de calibración.

Así por ejemplo, en electromagnetismo transformaciones de calibración en los potenciales escalar y vector, dejan invariables los campos eléctricos y magnéticos. Hay simetría en la calibración, que se rompe explícitamente al escoger una transformación particular adecuada al problema a tratar.

El rompimiento de la simetría de calibración, en el caso de la superconductividad, fue tema de

estudio, de Yoichiro Nambu en la Universidad de Chicago en los años cincuenta del siglo pasado, dentro de la teoría BCS de la superconductividad.

El mérito de Nambu está en haber reconocido la trascendencia del rompimiento espontáneo de simetría, a partir de su investigación en superconductividad y haber transferido la idea a la física subatómica, en esa época a la interacción entre nucleones mediada por piones, las partículas de Yukawa, dado que los quarks y los gluones eran desconocidos para entonces. El tratamiento teórico de las partículas elementales y sus interacciones, teoría cuántica de campos, aplica el principio del rompimiento espontáneo de simetría, es incluso requerido para la consistencia matemática de la teoría. Así que la contribución de Nambu, por la cual recibe el Premio Nobel, está presente en los desarrollos de máxima actualidad en la física de altas energías, incluyendo la búsqueda del campo de Higgs, para explicar el origen de la masa de las partículas.

De especial interés para la comprensión del universo resulta el conflicto entre la producción perfectamente simétrica de materia y antimateria desde el inicio del espacio tiempo con el Big Bang, y la ausencia de antimateria observada actualmente en la naturaleza. ¿Habiendo igual cantidad de materia y antimateria, cómo es posible que en procesos de aniquilación, también perfectamente simétricos, no se haya cancelado la totalidad de la materia con el encuentro con antimateria? ¿Cómo pudo sobrar materia? Con este interrogante tenemos uno de los temas más apasionantes de investigación en la física. Se estima que por cada 10<sup>10</sup> billones de antipartículas hubo un exceso de una partícula de materia, así que ese pequeño sobrante de partículas es lo que constituye toda la materia de hoy en el universo.

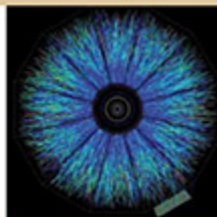
Un comienzo de respuesta ha surgido de descubrimientos inesperados en el comportamiento de la interacción débil con respecto a las simetrías tan rigurosamente respetadas por las demás interacciones fundamentales, la paridad P, la conjugación de carga C y la inversión temporal T.

Hasta 1954 se pensaba que todas las interacciones fundamentales respetaban por igual las simetrías mencionadas; observando los procesos físicos reflejados en el espejo, esto es intercambiando X por -X, Y por -Y, Z por Z, se llega a los mismos procesos que vemos directamente, hay invariancia, hay simetría. A esta operación de reflexión se le llama paridad P, porque al aplicarla a la función de onda asociada a las partículas en la mecánica cuántica, puede llevar a que la función mantenga su signo igual, paridad positiva, o a que cambie de signo, paridad negativa. El electromagnetismo y la interacción fuerte (la fuerza nuclear que liga a los quarks en los nucleones, como protones y neutrones) cumplen estrictamente con esta simetría de paridad. Pero la interacción débil, responsable de los decaimientos radioactivos, viola la paridad y es un efecto máximo.

Se pensó entonces que la invariancia está al observar los procesos reflejados en el espejo, transformación de paridad P, pero cambiando adicionalmente materia por antimateria, aplicando

la transformación de conjugación de carga C, que cambia el signo de la carga eléctrica. Se tiene entonces la simetría CP, que sería respetada por todas las interacciones. Pero en 1964 se descubrió que la interacción débil también viola esta simetría, como un efecto muy pequeño, pero de muy alto interés porque lleva a procesos que distinguen entre materia y antimateria, dando un trato diferente a las dos, no simétrico, con procesos donde puede resultar más materia que antimateria. Se estudia la violación de la simetría CP en decaimientos de mesones K y más recientemente en decaimientos de mesones B<sub>s</sub>.

Buscando comprender los decaimientos por interacción débil de los mesones K<sub>s</sub>, kaones, ya en 1963 Nicola Cabibbo introdujo la idea de mezcla de quarks, así que la interacción débil no ve quarks puros, sino combinaciones de quarks, lo que para el momento de la propuesta de Cabibbo permitía explicar decaimientos que no conservaban la extrañeza, número cuántico característico de los kaones que contienen el quark extraño (strange), decayendo en partículas sin extrañeza, los piones. Diez años más tarde, en 1973, Kobayashi y Maskawa entendieron la idea de Cabibbo de mezcla de quarks, a tres familias de quarks, cada familia con dos quarks, uno de carga +2/3e, otro con carga



Aspecto de un quark.

-1/3e, para un total de seis quarks. El fenómeno de mezcla de quarks para la interacción débil, permite transiciones entre las tres familias de quarks, y provoca procesos que no cumplen la simetría CP. Cuando Kobayashi y Maskawa completaron el desarrollo matemático, formulado con la matriz CKM (Cabibbo-Kobayashi-Maskawa), por lo cual reciben el Premio Nobel, sólo se conocían tres quarks (up, down, strange). Fue impactante al año siguiente, 1974, el descubrimiento del quark charm. Sigueron luego los descubrimientos del quark bottom en 1977 y del quark top en 1995. Hoy las contribuciones de Cabibbo, Kobayashi y Maskawa son de enorme relevancia en la investigación de la violación CP por la interacción débil con miras a la comprensión de la no-observación de antimateria en nuestro universo actual.



Formar estudiantes que amplíen su conocimiento trabajando por la comunidad, es ir adelante en el tiempo.

#### Facultad de Medicina

- Pregrado.
- Especializaciones Médicas.
- Especializaciones Médicoquirúrgicas.
- Maestrías.

Infoofonario Bogotá  
422 5321, otras ciudades  
01 8000 511 888.

[www.urosario.edu.co](http://www.urosario.edu.co)



# DISCURSO FRENTE A LA CRISIS DE LA CIENCIA Y LA TÉCNICA: UN ESCENARIO PROPICIO PARA UNA NUEVA INTERPRETACIÓN DEL HOMBRE EN LA ÉPOCA MODERNA

JUAN PABLO RAMÍREZ GIRALDO

DOCENTE DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
JAVERIANA • LICENCIADO EN LINGÜÍSTICA DE  
LA UNIVERSIDAD DISTRIITAL • ESTUDIANTE  
DE MAESTRÍA EN FILOSOFÍA, UNIVERSIDAD  
JAVERIANA • MIEMBRO DEL GRUPO DE  
INVESTIGACIÓN MORALIA CATEGORÍA A,  
COLCIENCIAS.

[jramirezg@javeriana.edu.co](mailto:jramirezg@javeriana.edu.co)



En realidad no es la historia la que nos pertenece, nosotros pertenecemos a ella. Mucho antes de que nos comprendamos a nosotros mismos en la reflexión, nos estamos comprendiendo ya de una manera autoevidente en la familia, en la sociedad y en el Estado en que vivimos. La lente de la subjetividad es un espejo deformante. La autorreflexión del individuo no es más que una chipsa en la corriente cenada de la vida histórica. "Por eso los prejuicios de un individuo son mucho más que sus prejuicios, son la realidad histórica de su ser" (Gadamer, 1993: 344).

## Resumen

La idea básica de racionalidad técnico-científica terminó por configurar la imagen del mundo moderno. Una racionalidad que, fundada en los principios mecánicos del mundo físico, acabó por suspender—durante el análisis riguroso que configura la ciencia moderna—las contingencias culturales, las cualidades espirituales y las características históricas que atraviesan la vida práctica de los hombres. Pero con este ejercicio de abstracción de las condiciones variantes del mundo espiritual (cultural), las ciencias matemáticas de la naturaleza perdieron de vista la textura y consistencia del mundo más humano.

## Introducción

Existen dos fenómenos fundamentales que caracterizan los desarrollos de la época moderna: la ciencia matemática de la naturaleza y la técnica mecanizada. Estos fenómenos, al igual que la metafísica medieval, buscan ofrecer una interpretación de los objetos del mundo y, en este sentido, una concepción de la verdad y la realidad. Con este esfuerzo, la ciencia y la técnica moderna pretenden brindar un sentido al mundo que nos rodea; un sentido que nos ofrezca razones suficientes, pero no últimas, para justificar nuestra existencia y para declarar que la vida humana merece ser vivida.

Al igual que el mito en los pueblos primitivos y la metafísica en la Edad Media, la ciencia y la técnica buscan ofrecer una fundamentación al mundo. Toda época necesita de marcos de interpretación, significación y explicación que le permitan al hombre comprenderse a sí mismo en un mundo que naturalmente le es contradictorio. O, ¿qué nos garantiza que la realización de buenas acciones nos otorgará

**Al igual que el mito en los pueblos primitivos y la metafísica en la Edad Media, la ciencia y la técnica buscan ofrecer una fundamentación al mundo.**

la felicidad en el futuro? ¿Quién nos ofrece una razón última para afirmar que el mundo—tal y como lo vemos— existe frente a nosotros? ¿Qué nos asegura que el Otro es algo más que una máquina maravillosa al modo cartesiano? O, ¿qué me garantiza que Yo soy la imagen que se refleja en el espejo? Sin una respuesta suficiente a estas preguntas, la vida humana sería insostenible.

En esta perspectiva, la presente ponencia pretende mostrar por qué los sistemas de explicación, interpretación y comprensión provenientes de la racionalidad técnico-científica son insuficientes para dar respuesta a estas preguntas. Es decir, buscamos poner en evidencia una crisis al interior del proyecto moderno; una crisis que supera las condiciones materiales y que se insinúa en el centro de la Identidad y de la imagen del mundo. Para cumplir con este objetivo proponemos, en primer lugar, dirigirnos a los fundamentos que soportan los marcos de interpretación técnico-científica y someter estos fundamentos a juicio, y en segundo lugar, preguntamos hasta dónde las explicaciones técnico-científicas deben revolucionarse y reconocer el lenguaje como fundamento de nuestro estar-en-el-mundo, es decir, comprender el lenguaje como nuestra única posibilidad de habitar un mundo particularmente humano.



## 1. Racionalidad técnico-científica: la huida ante el pensar como característica fundamental de la crisis

**A**ntes de iniciar con una defensa de nuestra afirmación referida a la crisis de los principios ofrecidos por la ciencia y la técnica en el mundo moderno, es necesario reconstruir, en forma general, algunas de las características fundamentales que constituyen la racionalidad técnico-científica que identifica esta época.

La racionalidad técnico-científica puede ser entendida como el grupo de operaciones que la razón realiza, cuando planifica y calcula, con el objetivo de establecer las acciones más económicas que deben cumplirse para alcanzar un determinado fin. La imagen del mundo que corresponde a esta racionalidad es la de un sistema de leyes necesarias e invariantes que deben ser determinadas con el ánimo de predecir, optimizar y dominar las condiciones naturales para nuestro beneficio en el futuro (Heidegger, 1994a; Husserl, 1989). Es decir, en esta perspectiva el mundo es concebido como un sistema que obedece naturalmente a la ley causal, al modo de un artefacto determinado e invariante regido por leyes igualmente invariantes que pueden ser conocidas y explicadas sistemática y matemáticamente por nuestra razón.

A partir de esta idea básica de la racionalidad técnico-científica y de la imagen del mundo que le corresponde, las ciencias de la naturaleza y sus indiscutibles éxitos a lo largo de los siglos XVII, XVIII, XIX y XX terminaron imponiendo una nueva racionalidad que caracteriza la época moderna. Una racionalidad que, fundada en los principios mecánicos del mundo físico, termina por suspender en su análisis las contingencias culturales, las cualidades espirituales y las características históricas que atraviesan la vida práctica de los hombres. Pero con este ejercicio de abstracción de las condiciones variantes del mundo espiritual (cultural), las ciencias matemáticas de la naturaleza se quedaron solamente con cuerpos y perdieron de vista la textura y la consistencia del mundo humano.



Creemos que esta comparación entre el Rin de la hidroeléctrica y el Rin de Hölderlin es lo suficientemente monstruosa, en palabras de Heidegger, para que se aice frente a nuestros ojos la esencia de la crisis que atraviesan los principios que nutren la ciencia y la técnica moderna. Esta es la crisis que queremos sustentar. Los principios y los métodos técnico-científicos que nutren la racionalidad de esta época terminaron reduciendo el mundo humano a un manjazo de condiciones y datos posibles de ser

## La crisis en realidad se encuentra en la barrera que impone el razonamiento técnico-científico al pensamiento meditativo.

analizados a partir de presupuestos lógico-formales. Con esta reducción, las ciencias matemáticas de la naturaleza y la técnica mecanizada, ubicadas en el corazón de la sociedad moderna, han producido una huida sistemática del pensar meditativo y desterrado del acto del pensar todo aquello que no

responda al restringido pensamiento técnico, capaz de calcular y planificar con el ánimo de instrumentalizar el mundo y la naturaleza humana bajo el principio de la utilidad.

Pero la crisis de los principios que fundamentan la ciencia y la técnica no es lo realmente alarmante. Lo que nos preocupa son las consecuencias que tiene esta racionalidad para el pensar meditativo que caracteriza lo naturalmente humano, es decir, lo que nos inquieta es cómo la racionalidad que nutre el mundo moderno nos ha llevado a la acción y alejado de la actividad propia del pensar mediante. O como señala Heidegger:

Lo preocupante se muestra en que todavía no pensamos. Todavía no, a pesar de que el estado del mundo da qué pensar cada vez más. Pero este proceso [de alejamiento del pensar meditativo, inherentemente a las sociedades técnico-industriales] parece exigir más bien que el hombre actúe en lugar de estar hablando en conferencias y congresos y de estar moviéndose en el mero imaginar. [Para las sociedades de esta época el hombre debe preocuparse por] lo que debería ser y el modo como debería ser hecho. En consecuencia [para la racionalidad constitutiva de este mundo moderno lo que] falta es acción y lo que no falta en absoluto es pensamiento (1994).

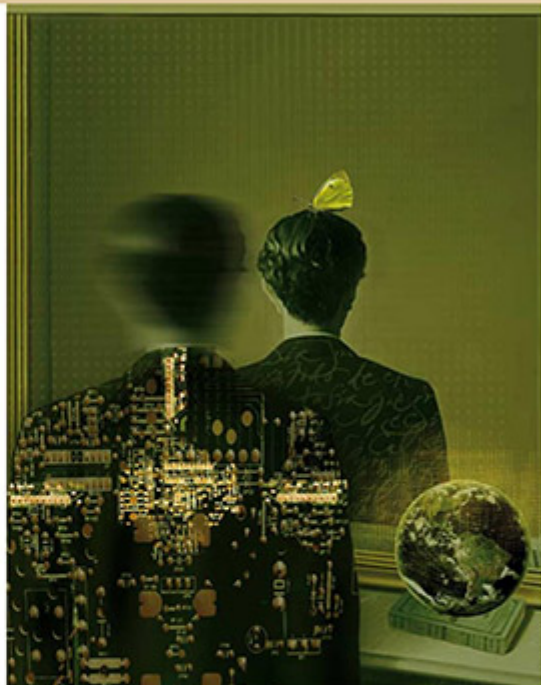
Así, la crisis de la ciencia y la técnica desborda el ámbito de los principios y los métodos. La crisis en realidad se encuentra en la barrera que impone el razonamiento técnico-científico al pensamiento meditativo, pues este último no pretende demostrar científicamente con fórmulas y datos, sino que busca ocuparse de lo indemostrable, es decir, de las cosas fundamentales para la vida del hombre en un mundo verdaderamente humano.

## 2. Desarraigo y arraigo:

implicaciones de la racionalidad técnico-científica y la oportunidad para la emergencia de una renovada interpretación del hombre en la época moderna

El distanciamiento del pensar meditativo promovido por la racionalidad técnico-científica y el ingreso de modernos instrumentos en la esfera de la vida cotidiana han generado, señala Heidegger, un abandono de la tierra natal. La velocidad de la información y el inminente uso de las tecnologías han abierto una brecha entre los hombres y los ha distanciado de sus tradiciones. Es decir, la emergencia y el ingreso inminente de los modernos instrumentos terminó acercando lo más lejano y alejando de lo más cercano. Ha alejado el campo, el cielo, el atardecer, las costumbres del pueblo y la tradición que nos articula con el nacimiento (1994a: 21).

Pero, ¿es posible establecer este último vínculo entre la crisis producida por la ciencia y la técnica y este nuevo fenómeno de distanciamiento de lo más cercano? ¿Nos está permitido sumar a la racionalidad técnico-científica una consecuencia diferente de las que han sido mencionadas anteriormente (la reducción del mundo a los principios mecánicos y la promoción de la huida del pensar)? ¿Podemos afirmar que este fenómeno de destierro de la tierra natal procede de la racionalidad que caracteriza la



época moderna? Para Heidegger, la respuesta a estas preguntas es afirmativa, pero el filósofo alemán es más radical: "La pérdida de arraigo procede del espíritu de la época en la que a todos nos ha tocado nacer" (1994a: 21).

La racionalidad que nutre la época moderna no solamente ha producido una huida del pensar, sino que nos ha quitado el fundamento, hemos sido desarraigados, y con ello hemos perdido nuestro habitar el mundo. Habitar significa dar sentido, apropiarnos y comprendemos en un mundo amplio que no se reduce a leyes mecánicas; habitar es encontrar arraigo, es decir, sentirnos parte. Habitar es permanecer, es ir construyendo sentido durante el acto mismo de habitar. Solamente en el ir construyendo se va habitando, al igual que el número solamente se va dando en el numerar. En este sentido, habitar no es un programa teórico o un proyecto, es la constante presencia finita y fugaz que nos constituye como seres-en-el-mundo. Habitar no es estar en un sitio, es sentirse parte, es construir sentidos, es ir ocupando aquello que está ausente de significados.

Pero, ¿cómo ocurre este habitar? El habitar solamente ocurre en el lenguaje, y es en éste en donde se encuentra la salida de la crisis producida por la racionalidad técnico-científica que nutre la época



© www.escritormartin.com

moderna. En esta perspectiva, el lenguaje desborda toda racionalidad técnica que pretenda instrumentalizarlo o reducirlo a una simple herramienta. El lenguaje se constituye en el hogar, en la casa del ser (Heidegger, 2009: 25-37).

En este sentido, señala Gadamer, las cosas del mundo no solamente existen para nosotros en un sentido peculiarmente humano gracias al lenguaje, sino que es por medio del lenguaje que el mundo se hace presente (ser-ahí) para nosotros. El resultado de esta comprensión termina desbordando toda interpretación gramatical proveniente del formalismo de la ciencia lingüística y ubicando al lenguaje como el fundamento de nuestro estar-en-el-mundo.

Para Gadamer, este acto de librar al lenguaje del formalismo lingüístico nos permite comprender como éste se constituye en la única forma en la que es posible abordar el mundo mismo. En otras palabras, el lenguaje es el mundo más mundano que puede darse en absoluto frente a nosotros. El mundo, o mejor, tener mundo termina siendo cada vez en un sentido más lingüístico.

**El lenguaje desborda toda racionalidad técnica que pretenda instrumentalizarlo o reducirlo a una simple herramienta. El lenguaje se constituye en el hogar, en la casa del ser.**

El lenguaje entendido como mundo permite a Gadamer afirmar, siguiendo a Heidegger, que el mundo es solamente para nosotros en la presencia y que nuestro único acceso a él consiste en aceptar que en el lenguaje mismo subsiste una fuerza de tal magnitud que funda el mundo mismo solamente porque los hombres somos capaces de tener mundo.

Con el descubrimiento de la fuerza reveladora del lenguaje, éste se libera de toda explicación que pretenda señalarlo como instrumento del pensar; puesto que la posibilidad del mundo mismo no depende de una figura mental, sino de la misma presencia del mundo que subsiste en el lenguaje y, en sentido estricto, en la palabra entendida como discurso.

## 2.1 Una nueva interpretación del hombre en la época moderna:

¿Quién es el sujeto que habla?

Todo discurso se realiza en el tiempo y en el presente, y en consecuencia, cuando alguien habla inaugura una realidad que modifica el mundo. Este es el acontecimiento del lenguaje. Un acontecimiento que solamente ocurre porque existe alguien que habla, alguien se hace capaz de expresar su forma de estar y de comprender el mundo (Ricoeur, 2006a: 15-20). Para Ricoeur, el discurso deja de ser un sistema virtual constituido por unidades lexicales o fonéticas sin referencia cuando la pregunta que atraviesa el análisis del lenguaje encuentra una nueva referencia: ¿Quién es el sujeto que habla? (2006b: XVI).

Preguntarse por ¿Quién es el sujeto que habla? no solamente nos remite a un sujeto activo que se realiza en el mundo, sino que nos exige que aceptemos que ese sujeto que habla se encuentra inscrito en un horizonte temporal que comparte con otros, que también tienen una historia que es relatada en este escenario más natural del lenguaje: la conversación. Así pues, el discurso se encuentra íntimamente vinculado con la subjetividad de un sujeto atravesado por el tiempo, y en este sentido, un sujeto que tiene mundo, que se encuentra en un mundo que se constituye y ordena durante el acto de relatar a los Otros en la conversación.

En la conversación el mundo se constituye al margen de toda reducción técnico-científica, y es en este escenario donde es posible amalgamarnos nuevamente a lo más cercano, arraigarnos al Otro y a lo otro, habitar el mundo en el sentido más humano. Si es posible comprender el lenguaje en estos términos, el hombre se liberará de la instrumentalización técnica y comprenderá que la vida humana se configura en lo Indecible, se arraiga en los límites mismos del lenguaje que ahora es comprendido como el hogar del ser, como aquello que nos hace ser humano en el mundo.

## Referencias

- Gadamer, Hans-Georg. (1997). *Verdad y método*. Salamanca: Ediciones Sígueme.
- Heidegger, Martin. (1994a). *Serenidad*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- \_\_\_\_\_. (1994b). "Construir, habitar, pensar", *Conferencias y artículos*. Barcelona: Serbal.
- \_\_\_\_\_. (1994c). "La pregunta por la técnica", *Conferencias y artículos*. Barcelona: Serbal.
- \_\_\_\_\_. (1994d). "¿Qué quiere decir Pensar?", *Conferencias y artículos*. Barcelona: Serbal.
- \_\_\_\_\_. (2009). *Ser y tiempo*. Madrid: Trotta.
- Husserl, Edmund. (1989). *La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Ricoeur, Paul. (2006a). *Del texto a la acción: Ensayo de hermenéutica II*. Argentina: FCE.
- \_\_\_\_\_. (2006b). *Sí mismo como otro*. Madrid: Siglo XXI.



# Estudio de las propiedades de refracción de ópalos artificiales de $\text{SiO}_2$

J. C. SALCEDO REYES

PROFESOR ASOCIADO, DEPARTAMENTO DE FÍSICA,  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

[salcedo.juan@javeriana.edu.co](mailto:salcedo.juan@javeriana.edu.co)



Figura 2

a) Micrografía SEM de las esferas de SiO<sub>2</sub> de 450 nm de diámetro. b) Distribución periódica de esferas de sílice formando una estructura fot. Q. C. Salcedo-Reyes, Nanotech Institute, University of Texas at Dallas, 2006).

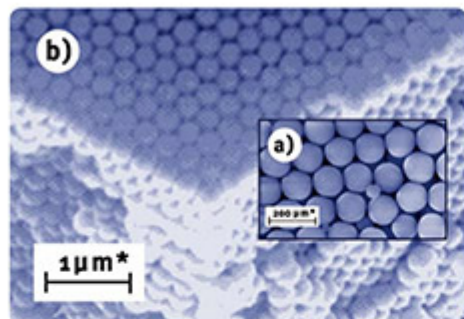
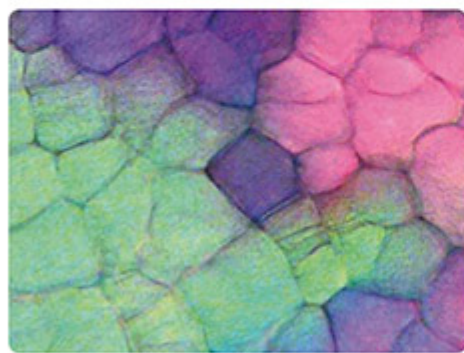


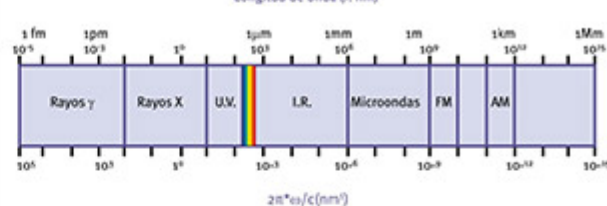
Figura 3

Microscopía óptica de un ópalo formado por esferas de SiO<sub>2</sub> de 300 nm de diámetro, en donde se observa, claramente, la formación de dominios de 10 microm, aproximadamente, con diferente orientación cristalina (Q. C. Salcedo-Reyes, Nanotech Institute, University of Texas at Dallas, 2006).



Dentro del marco de los procesos de autoensamblado, mejorar la calidad de los cristales coloidales es un campo en el que se presenta una gran actividad científica debido a que, en la actualidad, cada día se abren nuevas posibilidades tecnológicas de los ópalos artificiales depende, principalmente, de la capacidad de desarrollar procedimientos de crecimiento reproducibles que permitan controlar dicha calidad cristalina (véase figura 3). Una de las aproximaciones más exitosas en la obtención de ópalos artificiales con un alto grado de ordenamiento es el método de deposición vertical (Jiang et al., 1999), en el que un sustrato al que se le ha hecho un tratamiento químico previo, de modo que presente características hidrófilas, se sumerge en una suspensión coloidal de nanoesferas a una concentración determinada de solvente.

Longitud de onda ( $\lambda$ , nm)



El grupo de películas delgadas de la Pontificia Universidad Javeriana<sup>11</sup> está implementando una línea de investigación en el estudio teórico y experimental de cristales fotónicos, en colaboración con el Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato (México) y el Grupo de Biotecnología Ambiental e Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana, con potenciales aplicaciones en fenómenos no lineales y fotocatalisis.

### Propiedades de refracción de ópalos artificiales

Aunque la mayoría de las potenciales aplicaciones de los PhC se basan en la PBG, recientemente se ha encontrado una gran variedad de fenómenos relacionados con la propagación de la radiación electromagnética en este tipo de sistemas. En particular, el efecto de Superprisma tiene que ver con las propiedades de refracción cuando la luz pasa de un medio HIL a un PhC. Estas propiedades de refracción, por supuesto, están relacionadas con los ángulos de incidencia y de refracción y con la longitud de onda de la radiación incidente. El término Superprisma indica que las propiedades de difracción-refracción en este tipo de sistemas son completamente diferentes de las que presentan los materiales convencionales. La propagación de la luz en un PhC está determinada por sus relaciones de dispersión, de modo que se puede decir que dichas propiedades dependen, principalmente, de las propiedades de simetría de la estructura y del contraste entre los índices de refracción (Salcedo-Reyes, 2008). Por ejemplo, si un haz de luz que se propaga en el vacío incide sobre la superficie de un ópalo artificial formado por esferas de sílice de 200 nm de diámetro, y constante dieléctrica  $\epsilon = 1.45$ , formando un ángulo  $\theta_i$  con la normal que define la superficie, se puede calcular el ángulo,  $\theta_r$ , con el cual el haz se propagará por el PhC (véase figura 5). Las propiedades de refracción en una estructura periódica están definidas por sus relaciones de dispersión y por la conservación del vector de onda en la interfase, de modo que si  $\omega$  es la frecuencia angular del haz incidente se puede calcular, dado el ángulo de incidencia, el ángulo de refracción (véase figura 6). Se puede observar que aunque un ópalo artificial de SiO<sub>2</sub> formado por esferas de 200 nm de diámetro no presenta una brecha fotónica (figura 1) debido, principalmente,

al bajo contraste entre los índices de refracción del sílice y del aire, hay frecuencias en la región visible del espectro electromagnético para las cuales el sistema se comporta como un espejo perfecto. Es decir, a ciertas frecuencias el sistema refleja toda la radiación incidente, independientemente del ángulo de incidencia. Este interesante fenómeno, sin análogo en sistemas convencionales, se debe a la forma específica de las relaciones de dispersión.

El término Superprisma indica que las propiedades de difracción-refracción en este tipo de sistemas son completamente diferentes de las que presentan los materiales convencionales.

Figura 4

Espectro electromagnético en el que se clasifica la radiación de acuerdo a su longitud de onda. La relación entre la longitud de onda y la frecuencia está dada por la relación de dispersión para el vacío:  $\omega = c/\lambda$ , donde  $\omega$  es la frecuencia en Hertz,  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío y  $\lambda$  es la longitud de onda de la radiación. En el contexto de los PhC es usual usar unidades de frecuencia angular, de modo que  $\omega/c = 2\pi/\lambda$ .

Figura 5

Diagrama esquemático de la interfaz entre el vacío y el ópalo. Un haz de luz incide sobre la superficie del ópalo formando un ángulo  $\theta_{inc}$  con un vector normal a la superficie. Cuando el haz entra a la estructura periódica se transmite en una dirección que forma un ángulo  $\theta_{trn}$  respecto al mismo vector normal.

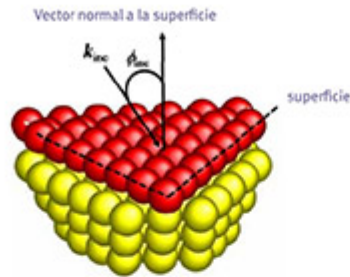
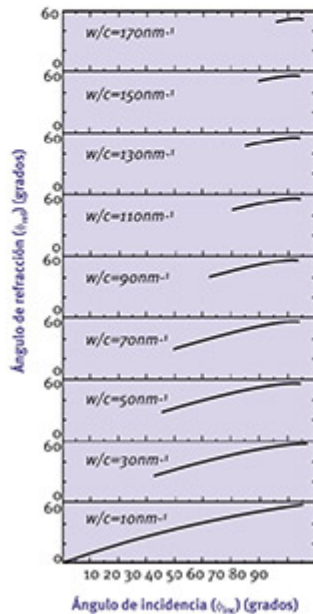


Figura 6

Ángulo de refracción ( $\theta_{trn}$ ) en función del ángulo de incidencia ( $\theta_{inc}$ ) para diferentes valores de frecuencia en un ópalo artificial formado por esferas de SiO<sub>2</sub> de 200 nm de diámetro<sup>11</sup>.



## Notas

- El índice de refracción es un parámetro que caracteriza la velocidad de las ondas que se propagan por un medio. El índice de refracción del vacío es igual a 1, lo que indica que la radiación se propaga en el vacío con velocidad igual a la velocidad de la luz ( $c = 300,000 \text{ km/s}$ ). Como el índice de refracción de un medio material difiere del vacío es mayor que 1, se concluye que la velocidad de propagación de las ondas en el medio es menor que la velocidad de la luz.
- La radiación electromagnética es una onda que se propaga en el vacío, o en un medio material, que está conformada por una combinación de campos eléctricos y magnéticos que oscilan en fase. La radiación electromagnética se clasifica, de acuerdo a su longitud de onda, en rayos  $\gamma$ , rayos X, radiación ultravioleta, radiación visible, infrarrojo, microondas, y ondas de radio (véase figura 4). De acuerdo al contexto, se habla de luz reflejada o radiación electromagnética con longitud de onda en el rango de la radiación visible.
- En óptica, la ley de Snell (o ley de la refracción) es una ecuación cinemática que describe la relación entre los ángulos de incidencia y de refracción (transmisión) de una onda EM que pasa de un medio a otro con diferentes índices de refracción. Por ejemplo, cuando la luz pasa del aire al agua se produce un cambio en la dirección de propagación y se observa un lápiz dentro de un vaso de agua "como si" se rompiese.
- El teorema de Floquet, en el campo de las ecuaciones diferenciales ordinarias, establece la forma general de la solución de una ecuación diferencial con coeficientes periódicos. En la física del estado sólido, el equivalente al teorema de Floquet generalizado a tres dimensiones se conoce como el teorema de Bloch, donde los coeficientes periódicos están definidos por la periodicidad del sistema cristalino.
- Las relaciones de dispersión describen la manera como una onda se propaga por un medio en función de su longitud de onda. La relación de dispersión en el vacío, y en general en cualquier medio homogéneo-isotrópico lineal (MIL), está dada por  $\omega = v k$ , donde  $v$  es el índice de refracción del medio, y es la frecuencia,  $\lambda$  es la longitud de onda y es la velocidad de la luz. Por ejemplo, la relación de dispersión en el agua explica por qué se forman los arco iris, es decir, por qué la luz blanca se descompone en sus componentes de acuerdo a la longitud de onda. Un aspecto importante de las relaciones de dispersión en medios MIL es que la propagación de la luz es isotrópica, es decir, es equivalente en cualquier dirección.
- En este contexto, propiedades ópticas significa la manera como la radiación electromagnética se propaga por un PHC.
- Un sistema coloidal es una mezcla de dos sustancias en las que una (la fase interna) es dispersada dentro de la otra (la fase continua). La leche es un ejemplo típico de un sistema coloidal. En un sistema coloidal, la fase interna se dispersa está compuesta por partículas con diámetro entre 1 y 1000 nanómetros. La dispersión de un sistema coloidal debe tener en cuenta diferentes interacciones (químicas y físicas) entre la superficie de las partículas coloidales y la fase dispersora. Por ejemplo, una de sus principales interacciones es una interacción tipo browniana.
- Los ópalos son un mineral relacionado con los cuarzos, aunque no es un cuarzo, y que se caracteriza por su brillo. Los ópalos poseen propiedades ópticas llamadas iridiscencia, debido a su estructura interna, compuesta por esferas de óxido de silicio organizadas en estructuras cúbicas con empaquetamiento compacto. Los ópalos son la piedra preciosa oficial de Australia, aunque se puede encontrar en otros lugares, como en México y Brasil.
- En cristalografía, un arreglo periódico de átomos o moléculas se conoce como una estructura cristalina. Las estructuras cristalinas se describen geométricamente, en términos generales, mediante las 14 redes de Bravais. Una de estas redes es la cúbica centrada en las caras (ccp o centrado cúbico, fcc) que, en el contexto de los ópalos artificiales, significa que las esferas de sílice se ubican en los ocho vértices de un cubo de lado  $a\sqrt{2}/2$ , donde  $a$  es el radio de las esferas y, además, en el centro de las seis caras del cubo.
- Los materiales fotónicos se caracterizan porque sus propiedades se pueden controlar por medio de agentes externos de manera completamente controlada.
- HP-070 es el comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por el agua. En un sistema coloidal, las partículas hidrófilas tienden a asociarse y mantener contacto con el agua.
- El grupo de películas delgadas de la Pontificia Universidad Javeriana es un grupo de investigación constituido desde el año 1998. Página web: [http://www.javeriana.edu.co/javeriana/vice\\_rector/investigacion/g\\_peliculas.html](http://www.javeriana.edu.co/javeriana/vice_rector/investigacion/g_peliculas.html)

## Referencias

- Aliev A.E., Lee S.B., Baughman R.H. y Zakhidov A.A. (2007), "Thermal properties of carbon inverse opal photonic crystals", *Journal of Luminescence*, 125, 11.
- Balet L., Francardi M., Gerardino A., Chauvin N., Allong B., Zinoni C., Monat C., Li L. H., Le Thomas N., Houde R. y Fiore R. A. (2007), "Enhanced spontaneous emission rate from single InAs quantum dots in a photonic crystal nanocavity at telecom wavelengths", *Appl. Phys. Lett.*, 91, 123115.
- Doong R., Chang S., Hung Y. y Kao I. (2007), "Preparation of highly ordered titanium dioxide porous films: characterization and photocatalytic activity", *Separation and purification technology*, 58,192.
- Florescu M., Lee H., Pustasu I., Pralle M., Florescu L., Ting D.Z. y Dowling J.P. (2007), "Improving solar cell efficiency using photonic band-gap materials", *Solar energy materials and solar cells*, 91, 1599.
- Fulconis L., Allart O., O'Brien L.L., Wadsworth W.J. y Rarity J.G. (2007), "Nonclassical interference and entanglement generation using a photonic crystal fiber pair photon source", *Phys. Rev. Lett.*, 99, 120501.
- Hernández-Calderón I., Salcedo-Reyes J.C., Alfaro-Martínez A., García-Rocha M. (2009), "Fine tuning of the emission of ultra-thin quantum wells of CdSe and CdTe by modification of the growth temperature",

Microelectronics Journal, 36, 985.

Jiang P., Bertone J.F., Hwang K.S. y Colvin V.L. (1999), "Single-Crystal Colloidal Multilayers of Controlled Thickness", *Chem. Mater.*, 11, 2132.

Joannopoulos J.D., Villeneuve P.R. y Fan S. (1997), "Photonic Crystals: Putting a New Twist on Light", *Nature (London)*, 386, 143.

John S. (1988), "Optimal structures for classical wave localization: an alternative to the 10ff-regal criterion", *Phys. Rev. B*, 38, 20501.

John S. y Quang T. (1997), "Collective Switching and Inversion without Fluctuation of Two-Level Atoms in Confined Photonic Systems", *Phys. Rev. Lett.*, 78, 1888.

Kuo C. Y., Lu S.Y., Chen S.F., Bernards M. y Jiang S.Y. (2007), "Stop band shift based chemical sensing with three-dimensional opal and inverse opal structures", *Sensor and Actuators B*, 126, 452.

Li J. y Zheng T. (2008), "A comparison of chemical sensors based on the different ordered inverse opals films", *Sensors and Actuators B*, 131, 190.

Luo D., Ning J.P., Han Q., Chen Z.Q., Shang L.J. y Fan G.F. (2007), "Research of superlensing in a honeycomb lattice photonic crystal", *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 9, 2308.

Miyai E., Sakai K., Okano T., Kunishi W., Ohnishi D. y Noda S. (2006), "Photonics: Lasers producing tailored beams", *Nature*, 441, 946.

Russell P. (2003), "Photonic Crystal Fibers", *Science*, 299, 358.

Salcedo-Reyes J.C. (2008a), "Kinematic study of refraction properties of a ZnSe-ZnTe dielectric grating", *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 8, 1.

Salcedo-Reyes J.C. (2008b), "Kinematic study of refraction properties of an opal-based photonic crystal", *Microelectronics Journal*, 39, 427.

Shelby R.A., Smith D.R. y Schultz S. (2001), "Experimental verification of a negative index of refraction", *Science*, 292, 77.

Sun J., Chan C.C., Dong X.Y. y Shum P. (2007), "Application of an artificial neural network for simultaneous measurement of temperature and strain by using a photonic crystal fiber long-period grating", *Measurement Science & Technology*, 18, 2943.

Van Sark W.G.J.H.M., Meijerink A., Schropp R.E.J., Van Roosmalen J.A.M. y Lysen E.H. (2005), "Enhancing solar cell efficiency by using spectral converters", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 87, 395.

Veselago V. (1968), "The electrodynamics of substances with simultaneously negative values of  $\epsilon$  and  $\mu$ ", *Sov. Phys. Usp.*, 10, 509.

Vlasov Y.A., Astratov V.N., Karimov O.Z., Kaplyanskiy A.A., Bogomolov V.N. y Prokofiev A.V. (1997), "Existence of a photonic pseudogap for visible light in synthetic opals", *Phys. Rev. B*, 55, R3335.

Wang X., Fujimaki M. y Awazu K. (2005), "Photonic crystals structures in titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) and their optimal design", *Optics Express*, 13, 1486.

Yablonovitch E. (1987), "Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics", *Phys. Rev. Lett.*, 58, 2059.

Zhou S., Dong P. y Cheng B. (2003), "Progress in three-dimensionally ordered self-assembly of colloidal SiO<sub>2</sub> particles", *China Particology*, 1, 124.



LA RED POSTAL DE COLOMBIA

www.4-72.com.co



LA RED POSTAL DE COLOMBIA

▶ Línea de Atención al Cliente Nacional 01 8000 111210 ◀



## < Ver para conocer... conocer para preservar >

Este espacio está destinado a divulgar fotografías de especies en peligro de extinción o de un significado especial por su rareza, su belleza o por ser exclusivas de Colombia o Sur América. También para fotografías que muestren nuestro entorno natural y el peligro de los ecosistemas debido al mal uso de los recursos naturales y de los espacios de nuestro planeta. Invitamos a nuestros lectores a nutrir con sus registros fotográficos esta sección. Gracias por su participación.

Glacial Perito Moreno, Argentina • Foto Eduardo Carvajal López

# Metabolómica... Qué tan cerca estamos

WILLIAM VILLAMIL-VILLAR

JUAN SEBASTIAN VÁSQUEZ MÁRQUEZ  
UBGAA CIENCIAS FISIOLÓGICAS  
FACULTAD DE MEDICINA, BIONFORMÁTICA

[wvillamilv@unal.edu.co](mailto:wvillamilv@unal.edu.co)

## Resumen

En la era post-genómica, las denominadas ciencias "ómicas", como la proteómica, la transcriptómica y la metabolómica, constituyen las nuevas aproximaciones informáticas que en el último siglo, desde el punto de vista del acceso a la información, han discurrido entre las referencias específicas sesudamente buscadas, con gran dificultad de acopio y escasa capacidad de extensión, hasta los formatos digitales de almacenamiento, codificados, integrados y referenciados, de libre y fácil acceso (1,2). Por tal razón, se utilizan también como referencias obligadas en el contexto de la investigación en ciencias básicas y clínicas e igualmente como referente en el proceso de enseñanza-aprendizaje del metabolismo y de la bioquímica en general. El proyecto Metabograma humano es un esfuerzo innovador, original y de avanzada en el campo de la metabolómica. El grupo de trabajo de Integración metabólica de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, se empujó en realizar el primer metabograma digital integrado humano de carbohidratos y lípidos, que hará parte del esquema general de integración metabólica con énfasis en clínica médica.

## Palabras clave

Metabolómica, metabograma, metabolismo, aprendizaje

## Introducción

En la era post-genómica, la caracterización y divulgación de la mayor parte de la secuencia del DNA humano, consiguió ser un hito, guardadas las proporciones, en el avance de las ciencias naturales. La puesta en circulación de la base de datos moleculares, que describe la secuencia exacta del DNA permite el acceso a la información que asegura tanto la conservación de la identidad como especie, así como la de la unidad dentro del colectivo humano (1,2). La proteómica se ha constituido en la gran bandera y en el ideal de información sobre los individuos, que a pesar de tener idéntico genoma, la expresión de dichos genes en combinación con efectores ambientales, da lugar a situaciones o condiciones en tiempo real, no prescritas en el DNA, que explican dicha unicidad (3). La proteómica ha querido llenar dicho espacio partiendo de la base de nuevas aproximaciones tecnológicas. Hoy, junto con la transcriptómica, auguran, desde la perspectiva clínica, el diagnóstico y pronóstico individual, con la promesa de establecer con alto grado de certeza los retos asumibles en la salud del individuo.



## La metabolómica

La metabolómica consiste en la recolección e integración lógica de la base de datos del metabolismo, presentada de forma secuencial y real, partiendo del supuesto de una célula totipotencial capaz de desarrollar todos o casi todos los procesos bioquímicos conocidos y con implicaciones metabólicas esenciales (4).

## El metabograma humano

En 1992 el grupo de trabajo en Integración metabólica inició el desarrollo de actividades relacionadas con el aprendizaje de la bioquímica, la interactividad y el automonitoreo del aprendizaje; con el tiempo se retomó la idea de establecer un esquema visual de integración de las rutas metabólicas conocidas en el ser humano. A partir de 2004 se inició la recolección de información relacionada con el metabolismo de carbohidratos y lípidos, y en 2006 comenzó la digitalización y la divulgación del metabograma humano.

## Bioquímica y metabolismo

El estudio de las reacciones bioquímicas que constituyen el metabolismo, es el pilar molecular sobre el cual se construye la comprensión dinámica de la existencia de formas vitales simples, hasta la de organismos complejos altamente organizados. La química utiliza herramientas de las matemáticas básicas, de la mecánica convencional, la dinámica, la electricidad, la termodinámica y la óptica; la bioquímica integra nociones de la química básica, la química orgánica, la química estructural de las macromoléculas, la cinética básica, e integra secuencialmente las reacciones que ocurren en las células, en lo que se denominan las vías metabólicas. Esta bioquímica metabólica con toda su complejidad estructural apunta, en una secuencia vertiginosa de versatilidad y complejidad, a dejarnos conocer el cómo y el porqué de los mencionados fenómenos vitales.

La bioquímica estructural y la metabólica en particular, constituyen un interesante punto de inflexión entre los fenómenos descritos en términos teóricos y los fenómenos biológicos, propiamente dichos, que empiezan a tener una particular forma de ser evidentes ante nuestros ojos en el campo de la experimentación.

Constituye en muchas instancias académicas, de investigación y en las escuelas de formación profesional propiamente dichas, un área de difícil comprensión, que origina notoria dificultad cuando se trata de aportar explicaciones lógicas y coherentes con las leyes de las ciencias naturales.

## Antecedentes

Existen por supuesto tratados completos de bioquímica celular, de bioquímica médica, de fisiopatología molecular y recientemente se identifican, de manera vertiginosa, nuevas alteraciones en la genética que tratan de explicar los fundamentos moleculares de las enfermedades, lo cual ha traído como consecuencia la parcelación, la súper-especialización y como consecuencia alterna, el desconocimiento de otros ítems básicos de la fisiología y la bioquímica celular. Por esta misma razón, no son muchos los intentos prácticos que se hacen para encontrar en un solo espacio físico, de acceso visual integral, todos o la mayoría de vínculos y correlatos moleculares intra e intercelulares.

Con el ánimo de obtener una visión global, sistemática y organizada del metabolismo desde hace varias décadas se ha venido trabajando en la realización de esquemas que reúnan estos requisitos (véanse figuras 2 y 3), sin embargo; hasta el momento el énfasis ha estado principalmente en los aspectos estructurales y fisicoquímicos, dejando de lado otras perspectivas que para la medicina pueden llegar a ser muy útiles.

No son muchos los intentos prácticos que se hacen para encontrar en un solo espacio físico, de acceso visual integral, todos o la mayoría de vínculos y correlatos moleculares intra e intercelulares.

Figura 1  
El diagrama central de la genética.



## Métodos en metabolómica

El desarrollo de la metabolómica ha estado ligado al perfeccionamiento y la aplicación de técnicas de análisis químico que han permitido la identificación de sustancias o metabolitos en diferentes tejidos y fluidos corporales para diferentes aplicaciones en medicina y bioquímica. Las metodologías más empleadas para la determinación y cuantificación de metabolitos celulares y extracelulares son la espectroscopía por resonancia magnética nuclear (RMN spectroscopy) y la espectroscopía de masas (MS/MS spectroscopy). Adicionalmente la caracterización y localización de enzimas hace parte del desarrollo de la metabolómica que usando métodos comunes con la proteómica permite ensamblar la extensa red que integra el metabolismo celular. Actualmente y desde el año 2002, la universidad de Alberta y los fondos gubernamentales del Estado de Canadá impulsan el proyecto denominado metaboloma humano (Human Metabolome Database HMDB) el cual pretende identificar, cuantificar e indexar en una gran base de datos todos y cada uno de los metabolitos encontrados en fluidos corporales, incluyendo aquellos con concentraciones menores de 1 nM (nanomolar). El proyecto usa como herramientas de análisis la espectroscopía de masas y la resonancia magnética nuclear. La cuantificación de estos compuestos generará una base de datos más extensa en metabolómica humana y se unirá con las base de datos existentes en metabolismo celular de homo sapiens para servir como herramienta básica en el desarrollo científico y la práctica clínica en general.

## Modelo integrado clínicamente relevante

Hoy en día, los diversos esquemas de integración del metabolismo han abordado el tema desde una perspectiva química-estructural, excepto los dos proyectos previamente descritos, lo cual refleja la necesidad y el valor del esfuerzo que se lleva a cabo, por construir mapas del metabolismo de homo sapiens que puedan ofrecer una visión global y especializada a la vez.

El metabograma humano desarrollado por el grupo de Integración Metabólica de la facultad de Medicina de la UN, es un mapa completo de integración del metabolismo, orientado específicamente a destacar los múltiples aspectos regulatorios funcionales, las posibilidades de alteración y sus implicaciones clínicas, así como las posibilidades de intervención, la interacción con fármacos, tóxicos y sustancias afines, y a la correlación clínica más directa como son los errores innatos del metabolismo y otros desórdenes metabólicos.

**A la integralidad bioquímica subyace una explicación esencial de la vida desde este punto de vista.**

El grupo trabaja en la construcción del esquema de integración más completo (véase figura 4), abarcando en lo posible todas las reacciones bioquímicas descritas hasta el momento, con la consiguiente recopilación de las rutas metabólicas comprobadas experimentalmente y muchas de las sugeridas y en proceso de comprobación, todo aquello con orientación médica. Podrá convertirse así en un material de referencia indispensable para la investigación básica y clínica, y una fuente de apoyo académico indispensable.

## Metabograma humano El aprendizaje del metabolismo.

Desde el punto de vista del aprendizaje y la enseñanza de las vías metabólicas, alrededor de la asignatura de bioquímica y otras relacionadas, se reporta gran mortalidad estudiantil, no sólo en las escuelas del área de la salud en universidades públicas y privadas donde existe la obligatoriedad de estos contenidos, sino también en otras escuelas como las de biología, agronomía, etc.

Varios intentos se han hecho en diferentes latitudes por enseñar la bioquímica de una forma versátil, ágil, integrada, aplicada, casi siempre con resultados parciales, con mejoras leves o transitorias. En la

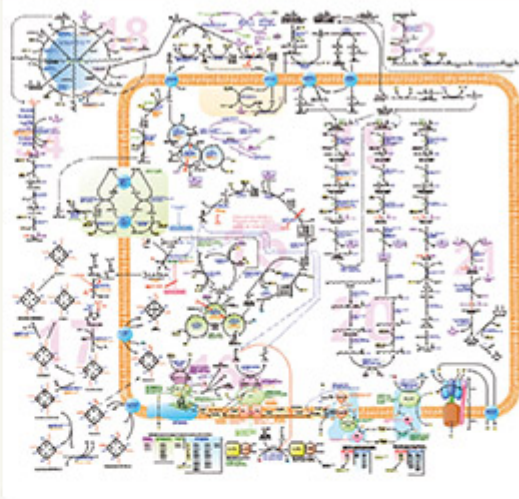


Figura 4  
Fragmento del metabograma humano. Detalle de la mitocondria y la ruta de síntesis del grupo hemo. Cartográfica 1 de 9.

División de Bioquímica de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional también hemos hecho intentos de aproximación lúdica de tales contenidos, con mejoría notoria del rendimiento y en la apropiación particular de los contenidos.

Otra gran dificultad en el aprendizaje, ha sido la visión parcial de los contenidos de dicha asignatura. Suelen enfrentarse dichos contenidos de manera fraccionada, con correspondencia al capricho o a la comodidad de los espacios en los libros escritos, pero con la consabida parcialización y aislamiento de los procesos.

El grupo de Integración Metabólica emprendió la tarea de mostrar toda esta complejidad de reacciones, claramente identificadas en las células y asociadas a la química de los productos que consumimos y a la de los desechos que eliminamos. Es decir mostramos que a la integralidad bioquímica subyace una explicación esencial de la vida desde este punto de vista.

En ocasiones los mismos docente de las universidades y con mayor impacto, aun de los colegios e institutos de secundaria, desconocen cómo se integran tales procesos y se vuelve tarea difícil para ellos tener un espacio donde se llustre tal integralidad.

El proyecto Metabograma humano busca, inicialmente, ser un punto de partida para toda una serie de opciones en este proceso, desde llamar la atención sobre esta maravilla bioquímica llamada célula y sobre el fundamento de las interacciones

**El metabograma humano, desarrollado por el grupo de Integración Metabólica de la Facultad de Medicina de la UN, es un mapa completo de integración del metabolismo.**

titulares, orgánicas y sistémicas que constituyen la explicación molecular de los fenómenos vitales, convirtiéndose en objeto de detalle y especificidad de procesos, de justificación o consecuencia de alteraciones genéticas, con sus correspondientes secuelas morfológicas o funcionales que constituyen o no enfermedades. Asimismo, ofrece la posibilidad de reconocer sitios o formas de intervención y de aproximación farmacológica.

## Metabograma digital

Desde la perspectiva de la comunicación y de la utilización de las plataformas virtuales podríamos hacer un listado largo de opciones, pero en cualquier caso nos quedaríamos cortos. No obstante, describimos algunas de las oportunidades que se nos han mostrado como viables, partiendo, por supuesto, de lo que ya es en parte una realidad.

La observación en medio digital e impresa de la forma como se integran las vías metabólicas en una célula ideal de gran complejidad, aporta:

- Descripción de las estructuras moleculares involucradas en las diferentes vías metabólicas, en relación con las secuencias específicas de reacciones químicas que constituyen el metabolismo de carbohidratos, lípidos, aminoácidos y nucleótidos.
- Descripción de la secuencia de reacciones químicas catalizadas por las respectivas enzimas, indicando los principales mecanismos de regulación, los mecanismos alostéricos y de retroinhibición.
- Descripción de las isoenzimas tejido específicas y su relación con entidades clínicas descritas en la literatura.
- Descripción de inhibidores, activadores y sitios de bloqueo en las diferentes secuencias anabólicas y catabólicas en una célula ideal humana.
- Descripción global por capas de las vías y la relación entre el metabolismo de los carbohidratos, lípidos, aminoácidos y nucleótidos.
- Utilización de dichas capas de aproximación de complejidad variable, como instrumento de formación y autoformación en bioquímica.
- En resumen, el metabograma humano de carbohidratos y lípidos consiste en la integración de 2.529 reacciones bioquímicas, 3.678 enzimas con su nomenclatura internacional, isoenzimas tejido específicas, títulos, inhibidores, reguladores alostéricos, referencias bibliográficas.

## Integración virtual

El metabograma digital integrado tiene los correspondientes links con otras bases de datos, como la del genoma humano, las bases de la proteómica, la transcritoómica y permite el acople con otras bases de datos, como la de la descripción clínica esencial y/o la caracterización fisicoquímica correspondiente.

## Educación virtual

De igual forma, la base de datos digital metabograma humano se acoplará de manera interactiva con bases de datos de preguntas abiertas y preguntas de selección.

## Redes de alta velocidad

La difusión del metabograma en plataformas de alta velocidad permitirá además:

- La enseñanza integrada en línea, en más de cien escuelas de formación superior (universidades e instituciones), utilizando un lenguaje integrado con múltiples opciones de desarrollo.
- Conferencia de expertos alrededor del esquema metabólico integrado.

• Utilización de las herramientas de Blackboard para la administración, ejecución y auditoría de cursos de bioquímica y metabolismo integrados.

- Teleconferencia y videoconferencia de expertos, transmisible en tiempo real o diferida en múltiples ciudades, originadas en las diferentes escuelas integradas a la red, multiplicando el recurso verdaderamente experto y ofreciendo las experiencias más altamente calificadas a los cientos de miles de estudiantes en nuestro medio e incluso en el exterior.
- Intercambio de información entre investigadores sobre una de las bases de datos más completa e integrada, acompañada de una extensa revisión bibliográfica.

## Bibliografía

1. Mathew C. (2001), "Postgenomic technologies: hunting the genes for common disorders". *BMJ* 322: 1031-1034.
2. Quackenbush J. (2004), "Data standards for 'omic' science". *Nat Biotechnol.* May; 22(5):613-4.
3. Brive L, Abagyan R. (2002), "Computational structural proteomics". *Ernst Schering Res Found Workshop.* (38):149-66.
4. Schmidt C. (2004), "Metabolomics takes its place as latest up-and-coming 'omic' science". *J Natl Cancer Inst.* mayo 19;96(10):732-4.
5. G. Joshi-Tope, M. Gillespie, I. Vastrik, P. D'Eustachio, E. Schmidt, B. de Bono, B. Jassal, G.R. Gopinath, G.R. Wu, L. Matthews, S. Lewis, E. Birney, y L. Stein. (2003), Reactome: "A knowledgebase of biological pathways". *Nucleic Acids Res.* enero 1; 31(Database issue): D428-D432.
6. <http://www.reactome.org>
7. Itz, P.D. Karp, C.A. Ouzounis, C. Moore-Kochlacs, L. Goldovsky, P.Kaipa, D. Ahren, S. Tsoka, N. Darzentas, V. Kunin, y N. Lopez-Bigas. (2003), "Expansion of the BioCyc collection of pathway/genome databases to 160 genomes." *Nucleic Acids Research* 19:6083-89
8. Itz, P. Romero, J. Wagg, M.L. Green, D. Kaiser, M. Krummenacker, y P.D. Karp (2004), Computational prediction of human metabolic pathways from the complete human genome. *Genome Biology* 6:R21:1-17.
9. Pz, P. Karp, S. Paley, y P. Romero (2002), *The Pathway Tools Software*, *Bioinformatics*, 18:5225-32.
10. <http://humancyc.org>

Conectamos a quienes tienen las preguntas



uni>ersia

www.inno>ersia.net

El portal donde la investigación se vincula a las necesidades de la empresa

con quienes tienen las respuestas

# CULTIVANDO EL MAR PARA PODER COMERLO: SALMONICULTURA

**CONSTANZA CÁRDENAS C.**

QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
DOCTORA EN CIENCIAS QUÍMICAS DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE COLOMBIA.

ACTUALMENTE ES INVESTIGADORA POSDOCTORAL EN LA  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO,  
EN EL LABORATORIO DE GENÉTICA E INMUNOLOGÍA  
MOLECULAR (GIM) DEL INSTITUTO DE BIOLOGÍA, EN  
AL ÁREA DE BIOINFORMÁTICA.

[conscc@yahoo.com](mailto:conscc@yahoo.com)

A Simón el Bobito le gusta el pescado y quiere volverse también pescador, y pasa las horas sentado, sentado, pescando en el balde de mamá Leonor.

## Introducción

Parece que Simón no era tan bobito, sólo faltaba poner los peces en el balde...

Esta es una de las grandes iniciativas que se está dando en el mundo: el cultivo de peces. Desde pequeños estanques caseros para el cultivo de peces de río o agua dulce, hasta las grandes industrias de cultivo de peces como el salmón que tienen un ciclo de vida complejo.

Una de las pocas referencias que tenía acerca del salmón eran documentales donde veía grandes peces remontando ríos, nadando contra la corriente para ir a aparearse y desovar, peces que atravesaban grandes distancias, desde el mar hasta los grandes ríos en Canadá o Noruega, donde después de sortear las dificultades para cumplir con su ciclo vital, eran esperados por los pescadores que consideran su carne como una de las más preciadas para delicados paladares. Si habla suerte, alcanzan a dejar su prole antes de ser el plato principal en alguna suculenta comida.

Esa imagen es referencia para muchos como yo que no estábamos cerca del mar, y meos del mar a bajas temperaturas. Cuando decidí venir a trabajar a Chile con salmones, mis amigos me preguntaban si debía vestirme como oso y manotear a los salmones cuando remontaban el río para aparearse, era difícil imaginar como se puede cultivar un pez cuya vida tiene dos ambientes tan diferentes cómo pueden ser un río de agua dulce, al río y salado oceano.

### ¿En qué consiste mi trabajo? Estudios moleculares de sistema inmune de salmón, relacionado con susceptibilidad a enfermedades.

Y bueno acá estoy, pero aún no he usado ningún disfraz de oso, es más, aún no conozco una industria salmonera en persona, sólo en fotos; tampoco he comido mucho salmón y he visto pocos peces en vivo y en directo.

¿En qué consiste mi trabajo? Estudios moleculares de sistema inmune de salmón, relacionados con susceptibilidad a enfermedades. ¿Y qué tiene que ver esto con el Año Internacional del Planeta Tierra, con sostenibilidad y medio ambiente? Me gusta pensar que si tiene que ver el esfuerzo por cultivar nuestro alimento y no sólo dedicamos a consumir los recursos de la pachimama o Mapu para utilizar el idioma Mapuche (gente de la tierra), o loñen la Mar. La posibilidad de que tengamos suficiente alimento para todos sin necesidad de agotar los recursos naturales.

El cultivo del salmón, especie foránea originaria de los mares del norte, luego de establecerse, se convierte también en un microambiente que plantea nuevos retos y nuevos problemas, ya no están los peces en su ambiente natural y aparecen diferentes situaciones que deben enfrentarse.

Una de ellas es el surgimiento de enfermedades que afectan a las poblaciones de salmón cultivado y que se convierten en un problema, no sólo por la disminución de la producción y por tanto de las ganancias económicas, que es uno de los motivos principales para buscar soluciones, sino también evitar que los salmones se conviertan en un peligro para otras especies, y además, que siga siendo posible su producción como fuente de alimento, ...al menos esto evita que se coman aquellos que con tanto trabajo llegan a su destino de desove. Se tienen entonces grandes cultivos de peces que pueden enfermarse y a los que hay que cuidar.



© José Gallardo

## Sistema inmune y Complejo Mayor de Histocompatibilidad

Todos los organismos se encuentran expuestos a diferentes tipos de interacción con otros, algunas de estas interacciones pueden causar daño a uno de los implicados, este es el caso de las enfermedades causadas por virus o bacterias que, dentro de su ciclo vital, invaden y destruyen células de sus huéspedes.

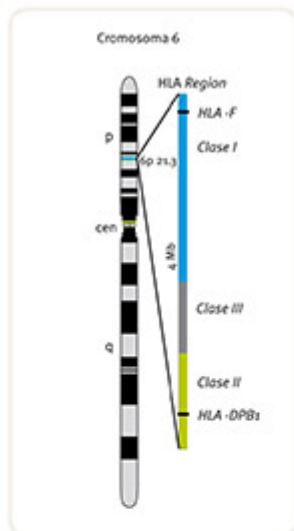
El sistema que se encarga de evitar estos ataques es el sistema inmune, que está constituido por una gran cantidad de células y moléculas con diferentes funciones y tiene varias líneas de defensa. La primera de ellas la forman las barreras físicas como la piel, los cilios del tracto gastrointestinal, el fuerte ambiente ácido del estómago (en animales superiores), todas ellas actúan como primera defensa contra organismos no amigables; luego viene la inmunidad innata, que nos acompaña en virtud de nuestra herencia, y luego está la inmunidad adaptativa, un sistema más sofisticado que aparece en la escala evolutiva en vertebrados mandibulados, que tiene la capacidad de adaptarse o modificarse de acuerdo con las circunstancias en las que el organismo se encuentre. Dentro de la inmunidad adaptativa está el Complejo Mayor de Histocompatibilidad<sup>1</sup>, (MHC por sus siglas en inglés) llamado así debido que se encontró al realizar experimentos en trasplantes de tejidos. Este sistema de forma natural es el encargado de reconocer y diferenciar lo propio de lo no-propio y ayudar al sistema inmune a generar, o no, una respuesta adecuada. Las enfermedades autoinmunes son un ejemplo de un mal funcionamiento de este sistema, donde el propio se reconoce como extraño, y hay un autoataque. El cáncer, por el contrario, es un ejemplo del buen funcionamiento del sistema, las células que están creciendo desordenadamente son propias, por eso el sistema no las destruye.

Figura 1  
El balde de mamá Leonor en el mar Pacífico. Cultivo de salmón en Puerto Montt, sur de Chile.

<sup>1</sup> Histocompatibilidad: grado de semejanza de los antígenos histocompatibilidad de distintos individuos, del que depende la posibilidad de un injerto o trasplante. Diccionario de la real academia española. <http://lema.rae.es/drae>

Figura 2

Cromosoma 6 de los humanos. Tomada de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>.



El estudio del sistema inmune en general y del MHC en particular, ha tenido como organismos de referencia al ratón como modelo experimental y al humano como blanco principal de aplicación, donde se denomina HLA (Human Leucocyte Antigen) por su asociación directa con células leucocitarias (glóbulos blancos). Gracias a estas investigaciones, es posible "tipificar" a un individuo en términos de MHC, es decir, saber cuáles son las moléculas de MHC que lo caracterizan y permiten, por ejemplo, realizar trasplantes de tejidos u órganos buscando aquellos que sean sí o no iguales, al menos muy similares para que no exista una reacción de rechazo o reconocimiento del trasplante como "no-propio". También ha sido de gran ayuda en el entendimiento del mecanismo de acción de muchos patógenos, y en el entendimiento de desórdenes como las enfermedades autoinmunes.

Un repertorio de moléculas de MHC puede hacer que un individuo sea susceptible de adquirir una enfermedad, más fácilmente que otro o al contrario hacerlo más resistente a ella (1).

Existen tres tipos de moléculas de histocompatibilidad: Clase I, Clase II y Clase III o "región inflamatoria" (2). Evolutivamente, por estudios de comparación de genoma, se ha encontrado un sistema precursor de MHC en especies de vertebrados que datan de hace 500 millones de años (3). El sistema se denomina complejo (la C del MHC) ya que en casi todos los vertebrados sus genes se encuentran en grupos, localizados dentro del mismo cromosoma, exceptuando a los peces (4). En humanos están ubicados en el cromosoma 6.

Cada región codifica para una gran colección de moléculas o proteínas<sup>1</sup>, asociadas la mayoría de ellas con funciones del sistema inmune.

Cada tipo de proteína presenta moléculas asociadas con un tipo de patógeno y por una vía de procesamiento particular; la Clase I presenta péptidos<sup>2</sup> provenientes del procesamiento desde el interior

1. Las proteínas son el producto de la traducción del material genético, formadas por aminoácidos, mientras que el material genético es el encargado de guardar y transmitir la información de hacer que el organismo sea viable y funcional.

2. Secuencias cortas de proteínas, en general menos de 100 aminoácidos, en el caso de las que presentan las moléculas de MHC, están entre 8 y 20 aminoácidos.

de la célula como es el caso de virus, y genera una respuesta de tipo celular, es decir, activa todo un ejército de células encargadas de atacar al elemento extraño, mientras que la Clase II está encargada de presentar antígenos o péptidos provenientes del exterior, como en el caso de infecciones bacterianas o de parásitos, y la respuesta no es directamente con células si no por medio de anticuerpos, que son moléculas de proteínas generadas específicamente contra el patógeno y que ayudan al organismo a defenderse de la invasión (las "balas" del sistema inmune). Estas proteínas se caracterizan por ser polimórficas, es decir, por tener una variedad de "formas" o secuencias diferentes, lo que permite al organismo cubrir un amplio espectro de patógenos, ya que cada molécula de MHC debe interactuar con moléculas de diferentes patógenos y es en esta interacción que se da o no una respuesta. Las moléculas del MHC son proteínas expresadas en la membrana de las células, la Clase I está presente en prácticamente todas las células nucleadas mientras que la Clase II sólo se expresa en células blancas o leucocitos (5).

En el caso de otros organismos, como los peces y en particular los salmones, el conocimiento de este sistema no es tan profundo, pero existen investigaciones en el área, para determinar el papel particular del MHC (la C de complejo se pone en duda, pues en peces los genes no se encuentran agrupados en el mismo cromosoma (6)).

Una ventaja para el estudio de este sistema es que al ser moléculas que se han conservado evolutivamente y que cumplen el mismo tipo de función en todos los organismos, el conocimiento que se tiene en otras especies, como en humanos, puede ser extrapolable, en cierta medida a otras especies.

En peces teleostros, como el salmón, aunque la inmunidad adaptativa, de la cual hace parte el MHC, no cumple una función tan importante como en el caso de humanos, se ha determinado que existen muchas características compartidas especialmente funcionales (6,7), lo que hace posible pensar que las moléculas que hacen parte de este sistema estén constituidas de manera similar. Otra ventaja para el estudio de este sistema, en peces y otros organismos, es que existe una relación importante entre la estructura y la función de las moléculas.

Estructuralmente, estas moléculas se asemejan a una Y con la tibia como péptido. En la figura 3 se puede observar una vista en estereó de una molécula de MHC humano (amarillo) superpuesta con moléculas de MHC de salmón (azul y rojo). Para apreciar la tridimensionalidad es necesario mirar la figura cruzando los ojos (poniéndolos bizcos) y enfocar la figura central.

Otra ventaja para el estudio de este sistema, en peces y otros organismos, es que existe una relación importante entre la estructura y la función de las moléculas.

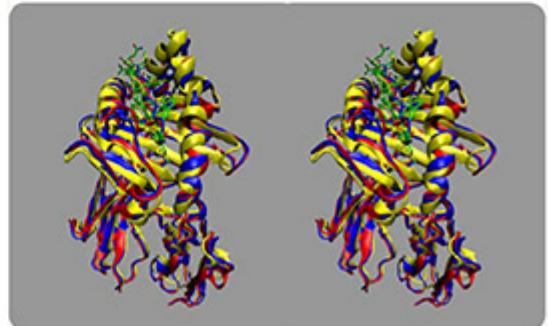


Figura 3  
Imagen estereoscópica de una molécula de MHC humano.



© Luis Mercado

**Figura 4**  
Ejemplar de salmón de la salmonera de Aquachile en Puerto Montt.

Esto se refleja en el establecimiento de grandes bases de datos (por ejemplo, Pfam, Systems<sup>3</sup>) que agrupan las proteínas como familia de acuerdo con su función, donde se encuentran grandes similitudes en la parte estructural. Si bien la relación no es biunívoca en una estructura-función, sí existe cierto grado de concordancia. Esto hace que sea posible tomar como referencia estructuras determinadas de otras especies para buscar modelos por homología de las moléculas de los peces.

### Cuidar los salmones para cuidarnos

Este esfuerzo se constituye en un paso inicial para establecer el comportamiento del MH en salmón, y no sólo lograr un conocimiento básico del sistema, lo cual es de por sí una ganancia, sino también establecer relaciones funcionales que puedan ayudar en el tratamiento de enfermedades o en la mejora de especímenes resistentes a éstas.

El salmón como alimento posee un alto contenido de omega 3, y su consumo está asociado con la disminución de triglicéridos y colesterol; tiene además efecto antiinflamatorio y contribuye con el desarrollo del sistema visual y cardiovascular<sup>4</sup>; además, la coloración rosada de la carne del salmón se debe a la astaxantina, (pigmento carotenóide<sup>5</sup>) un potente antioxidante, siendo las reacciones de oxidación una de las causas del envejecimiento. Todo esto suena muy atractivo y sería maravilloso tener un salmón en la mesa con alguna frecuencia, eso sí, un salmón servido pero sano.

El estudio molecular del sistema inmune de salmones puede proponer un medio para tener salmones sanos, ya sea por una selección de especímenes resistentes a las enfermedades, o por el tratamiento efectivo de éstas. También es un apoyo en el sostenimiento de los cultivos de salmón como una alternativa al suministro de alimento de alta calidad, sin necesidad de sobreexplotar los recursos naturales.

4. <http://film.sanger.ac.uk/>, <http://antibody.medgen.mcgill.ca/>

5. Sitio en <http://www.pfeiferbio.com/ingles/salmon.htm>

6. Los carotenos son pigmentos que se encuentran en diversas fuentes, principalmente, plantas y son los que dan el color a tomate o a la zanahoria, está presente en el salmón gracias a su alimentación (algas).

## Nota

Las fotografías son cortesía de José Gallardo y Luis Mercado, y corresponden a la salmonera de Aquachile en Puerto Montt al sur de Chile. Simón el Bóboto es de Senya Ma, gracias a ella y a la doctora Fafa (Fanny Guzmán) por sus comentarios.

## Referencias

1. Bontrup, R.E. (2006). Comparative genetics of MHC polymorphisms in different primate species: duplications and deletions. *Hum Immunol* 67: 388-397.
2. Dixon, B., van Erp, S.H., Rodrigues, P.N., Egberts, E., Stet, R.J. (1995). Fish major histocompatibility complex genes: an expansion. *Dev Comp Immunol* 19: 109-33.
3. Rajnik, M.F., Kasahara, M. (2001). Comparative genomics of the MHC: glimpses into the evolution of the adaptive system. *Immunity* 15: 351-367.
4. Kelley, J., Walter, L., Townsley, J. (2005). Comparative genomics of major histocompatibility complex. *Immunogenetics* 56: 683-695.
5. McConnell, T.J., Godwin, U.B., Culbertson, B.J. (1998). Expressed major histocompatibility complex class II loci in fishes. *Immunol Rev* 166: 294-300.
6. Stet, R.J.M., Krulswijk, C.P., Dixon, B. (2003). Major histocompatibility lineages and immune gene function in fish: the road not taken. *Crit Rev Immunol* 23: 441-478.
7. Traherne, J.A. (2008). Human MHC Architecture and evolution: Implications for disease association studies. *Int J Immunogenetics* 35: 179-192.



Ciencia y tecnología para el desarrollo y la transformación social



La UNIVERSIDAD DEL NORTE ha logrado fortalecer la actividad de investigación y desarrollo en los últimos 15 años. Es reconocida en Colombia como una de las universidades con mayor compromiso frente a la investigación articulada a la innovación tecnológica y social.



Dirección de Investigaciones y Proyectos Tecnológicos  
Teléfono: (57-5) 3509420 / 3509422  
dip@uninorte.edu.co  
Barranquilla, Colombia

[www.uninorte.edu.co](http://www.uninorte.edu.co)

# UNA PEQUEÑA SOLUCIÓN PARA UN GRAN PROBLEMA: COCINAS SOLARES COMO ALTERNATIVA A LA ESCASEZ DE ENERGÍA

**Fabio Ezequiel Sierra Vargas**  
DOCTOR, INGENIERO, MSc.

**Fabiola Mejía Barragán**  
INGENIERA, HISTORIADORA,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
Cra. 30 No. 45-03 - Ciudad Universitaria,  
Dpto. Ingeniería Mecánica, Bogotá.

fesierrav@unal.edu.co • fmejia@unal.edu.co

## Introducción

Uno de los principales problemas en las zonas rurales y deprimidas de Colombia es la falta de agua potable y la contaminación de los alimentos. De acuerdo con un estudio realizado por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO, Eunosur, s.f.) las principales causas de muerte de los menores de un año son las afecciones originadas en el período perinatal (40%), y las enfermedades de las vías respiratorias, las infecciones intestinales y parasitarias, que en conjunto suman alrededor del 30%.

De acuerdo con la encuesta nacional realizada por Profamilia (2000), la mortalidad neonatal disminuyó en el quinquenio de 1995 y 2000 en un 39%, pues se pasó de 24 muertes por cada mil nacimientos a 15 muertes. La encuesta reveló que los lugares del país donde más niños mueren, menores de un año, son las zonas rurales (31 por mil), principalmente en el área de la Guajira, Cesar y Magdalena, con 36 muertes por cada mil nacimientos. La menor mortalidad infantil se presenta en Medellín, con 12 muertes por cada mil nacimientos.

De acuerdo con el informe presentado por Index Mundi (2008), la tasa de mortalidad infantil total se encuentra en 19,51 muertes/1.000 nacimientos, divididos por género en hombres: 23,18 muertes/1.000 nacimientos y mujeres: 15,7 muertes/1.000 nacimientos (2008 est.) la tabla 1 presenta la variación anual entre 2003 y 2008.

Año	Tasa de mortalidad infantil	Posición	Cambio porcentual	Fecha de la información
2003	22,47	115		2003 est.
2004	20,97	113	-6,68%	2004 est.
2005	20,97	112	0,00%	2005 est.
2006	20,3	111	-2,96%	2006 est.
2007	20,13	107	-1,08%	2007 est.
2008	19,51	109	-1,08%	2008 est.

Tabla 1 • Tasa de mortandad infantil en Colombia 2003-2008

Uno de los problemas por los cuales la gente consume aguas no aptas, es la falta de educación, la falta de dispositivos y sistemas apropiados de purificación, y la potabilización del agua. Aunque un sistema de potabilización adecuado incluye el suministro de elementos potabilizadores como el cloro, se puede lograr agua apta para consumo a partir del calentamiento de la misma hasta una temperatura superior a 70 °C.

Un problema adicional referido a la alimentación de las comunidades se relaciona con el tipo de energía utilizada para preparar los alimentos; en zonas en las que no hay disponibilidad de energía eléctrica o gas, se suele utilizar como combustible madera procedente de bosques nativos, lo que trae como consecuencia enfermedades respiratorias debido a la combustión pobre de la misma y daños ambientales producidos por la deforestación generada. Cuando se analiza el pago que deben hacer los pobladores que usan este tipo de energía, éste es superior a las fuentes de energía que tienen acceso al gas natural o al sistema interconectado.

La energía solar puede aprovecharse en forma sencilla mediante el uso de equipos de tecnologías sencillas y económicas dentro de los que se encuentran los calentadores de agua, los purificadores de agua, los secadores de grano, las cocinas solares, entre otros.

## Generalidades

Las cocinas solares se utilizan principalmente para cocer comida, pasteurizar agua, secar pescado o grano; además, continuamente se desarrollan usos adicionales (Shyam, 1993). Numerosos factores, incluyendo el acceso a los materiales, la disponibilidad de los carburantes en cocinas tradicionales, el clima, la dieta alimentaria, factores culturales y capacidades técnicas, permiten que las cocinas solares sean accesibles para la gran mayoría de las personas de bajos recursos en Colombia.

El uso de las cocinas solares presenta una serie de ventajas y beneficios en comparación con las cocinas convencionales, a saber:

- Son 100% ecológicas. No producen contaminación directa ni indirecta. Utilizan la fuente de energía más noble y renovable. No producen humos ni residuos, y todas las partes de las que se compone una cocina solar pueden ser materiales procedentes del reciclado. Contribuyen a evitar la deforestación en los países pobres en los cuales se talan los árboles para utilizarlos como combustibles.
- No hay riesgos de que la comida se queme, dado que las temperaturas que se alcanzan nunca son excesivas. No hay que vigilar durante el proceso de cocción de los alimentos, lo que permite dedicarse a otra ocupación como el de irse para el trabajo, y al regresar encontrar los alimentos perfectamente cocinados.
- No requieren de fuego y, por lo tanto no hay riesgos de incendio, siendo muy seguras incluso para los niños.
- La cocina solar es barata y fácil de construir; además, utiliza un combustible totalmente gratuito.
- La cocina solar no genera energía calorífica adicional, sino que utiliza la que de todas maneras incide sobre la región. Gran parte de los países subdesarrollados tienen una temporada de calor muy larga durante el año y las cocinas convencionales representan otro foco de calor que aumenta la temperatura en el espacio que se utiliza como cocina.
- No hay humos en la operación de las cocinas solares, por lo tanto, los problemas respiratorios ocasionados por los humos en las personas encargadas de la labor de preparación y cocción de alimentos no existen.

Una cocina solar aprovecha la radiación solar para aumentar la temperatura en un artefacto o punto específico.

- Las moderadas temperaturas con las que una cocina solar funciona preservan muchas de las propiedades de los alimentos que a menudo son destruidas al ser éstos fritos o asados.
- Hay una gran cantidad de energía disponible para llevar a cabo los procesos de cocción. Al no haber suficiente combustible para cocinar los alimentos, en los países en vía de desarrollo, es posible que puedan contener organismos patógenos peligrosos para la salud.

Una cocina solar aprovecha la radiación solar para aumentar la temperatura en un artefacto o punto específico. La luz solar, tanto directa como reflejada, llega a la superficie irradiada y es transmitida al cuerpo negro que sirve como base de la olla a utilizar. Este calor en el interior hace que la temperatura dentro de la olla aumente, hasta que el calor que se prenda en ésta sea igual al aumento del calor solar. Se alcanzan fácilmente temperaturas de 75 °C, suficiente para pasteurizar agua. Tanto en las cocinas tipo, caja como en los demás tipos, los principios de calor más relevantes son los siguientes:

### A. Ganancia de calor

### B. Pérdida de calor

### C. Almacenamiento de calor

**A. Ganancia de calor:** el efecto invernadero cumple un papel importante en las cocinas tipo caja, este efecto es el resultado del calor en espacios cerrados en los que el sol incide a través de un material transparente como el vidrio o el plástico. La luz visible pasa fácilmente a través del vidrio, es absorbida y luego reflejada por los materiales que están en el espacio cerrado.

La energía de la luz que es absorbida por el cuerpo negro, debajo de las ollas, se convierte en energía calorífica que tiene una mayor longitud de onda. La mayor parte de esta energía radiante, a causa de la

mayor longitud de onda, no puede atravesar el vidrio; por consiguiente, es atrapada en el interior del espacio cerrado. La luz reflejada o se absorbe por los otros materiales en el espacio, o atraviesa el vidrio si no cambia su longitud de onda.

La orientación del vidrio es otro factor a tener en cuenta en la ganancia de calor: cuanto más directamente se coloque el vidrio al sol, mayor será la ganancia del calor solar.

**B. Pérdida de calor:** sucede cuando el intercambio de calor se realiza siempre de la superficie caliente a la fría. El calor dentro de una cocina solar se pierde por las tres formas fundamentales de transferencia de calor, a saber:

**Conducción:** el calor dentro de una cocina solar se pierde cuando viaja a través de las moléculas de las superficies de la cocina (hojas de aluminio, el vidrio, el cartón, el aire y el aislamiento), hacia el aire fuera de la cocina.

**Radiación:** producida por ondas electromagnéticas o fotones que llevan la energía fuera del objeto emisor. La mayor parte del calor radiante que se desprende de las ollas calientes dentro de una cocina solar, se refleja desde el aluminio y las superficies refractantes. Aunque los vidrios transparentes atrapan la mayor parte del calor radiante, un poco escapa directamente a través del vidrio. El vidrio atrapa el calor radiante mejor que la mayoría de los plásticos.

**Convección:** en las cocinas tipo caja, las moléculas del aire entran y salen de la caja a través de las rendijas, y en las demás cocinas estas moléculas pasan por las ollas que están a la intemperie. El aire frío externo extrae energía calorífica de la olla; por lo tanto, se disminuye su temperatura.

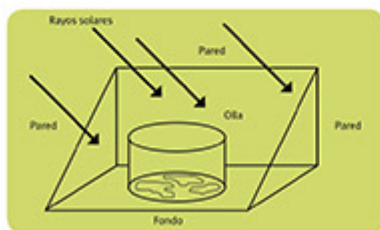
**C. Almacenamiento de calor:** cuando la densidad y el peso de los materiales dentro del amazón aislado de la cocina solar aumentan, la capacidad de mantener el calor de las cocinas tipo caja se incrementa. La energía entrante se almacena como calor en estos materiales pesados, haciendo que el aire de la caja retarde su calentamiento. Estos materiales densos, cargados con calor, irradiarán ese calor dentro de la caja, manteniéndola caliente durante un largo período de tiempo aunque el día se acabe.

## Tipos de cocinas solares

### Cocinas de acumulación o tipo caja:

En este tipo de cocinas, las ollas que contienen los alimentos se sitúan dentro de un recinto o caja revestida de material térmico aislante por todas las partes menos por la frontal, orientada al sol y tapada con un material transparente de vidrio o de plástico. En su interior, la energía solar se ve atrapada según el efecto invernadero, y transformada en energía térmica que puede alcanzar en la olla temperaturas alrededor de 100 °C; el tamaño de las cocinas de acumulación suele ser del orden de una caja de 60x60 cm de base y 30 cm de alto, la cual puede contener dos ollas de tamaño mediano, (Carter, 1980).

Figura 1  
Cocina de acumulación.



58

### Cocinas de concentración

Para estas cocinas se coloca la olla con los alimentos en el foco de un sistema de concentración de rayos solares, por lo general un sistema de paredes reflectantes parabólicas. Este modelo permite obtener mayores temperaturas, pudiéndose alcanzar fácilmente los 180 °C necesarios para freír los alimentos. Al ser un sistema abierto, los alimentos se pueden remover o adicionar ingredientes (Carter, 1980).

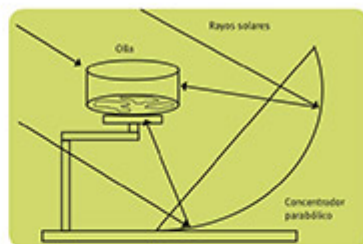


Figura 2  
Cocina de concentración.

### Cocinas tipo embudo

Recientemente introducidas, resultan de la combinación de una de concentración con una de acumulación. Son más baratas y seguras e incorporan las mejores características de la cocina de concentración y de la de acumulación (Carter, 1980).



Figura 3  
Cocina tipo embudo.

### Diseño de cocina solar

El grupo de investigación Mecanismos de Desarrollo Limpio y Gestión Energética de la Universidad Nacional, sede Bogotá, viene diseñando y construyendo cocinas solares con diferentes materiales con el fin de obtener cocinas económicas y de fácil construcción, para promover su uso en comunidades de bajos ingresos, en comunidades que no tengan suministro de energías convencionales y donde la radiación solar permita su uso, y así de elevar la calidad de vida de dichas poblaciones.

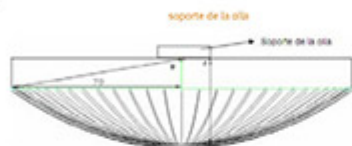
Las condiciones que debe cumplir la cocina solar son las siguientes:

- El dispositivo debe ser ligero y de fácil transporte para la realización de pruebas en áreas descubiertas.
- La cocina debe ser versátil, es decir, debe adecuarse para funcionar en cualquier época del año, o en su defecto dar a conocer las limitaciones para su uso.

59

- El costo de los materiales debe justificarse, ya que a parte de ser usada en el laboratorio, debe proponerse como opción para las comunidades de bajos recursos donde no hay acceso a las energías convencionales.
  - Las partes usadas en la construcción deben ser comerciales para darle un mantenimiento adecuado al equipo, en caso de ser requerido.
  - La utilización de materiales innovadores debe ser justificable, teniendo en cuenta la relación costo-beneficio.
  - El diseño y construcción del prototipo debe ser sostenible, para poder desarrollarse en su totalidad con las tecnologías de manufactura disponible en el país (Camanza, 2007).
- La figura 4 muestra la geometría de la cocina solar construida en los laboratorios de plantas térmicas de la Universidad Nacional, sede Bogotá, el radio del paraboloide es de 700 mm y la distancia al foco es de 400 mm.

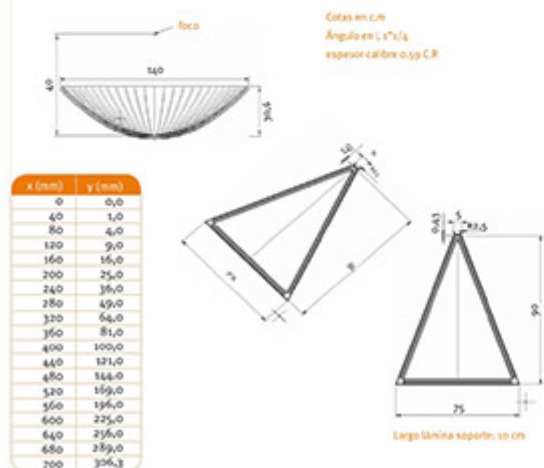
Figura 4  
Esquema del paraboloide solar.



Con estos datos se puede estimar el área de apertura del colector y el factor de concentración que resulta de 25,3.

A partir de la distancia focal ( $y$ ) 400 mm y del radio ( $x$ ) 700 mm, se obtiene la configuración geométrica del paraboloide, como se muestra en la figura 5.

Figura 5  
Datos obtenidos para la configuración geométrica del paraboloide y estructura exterior de soporte.



60

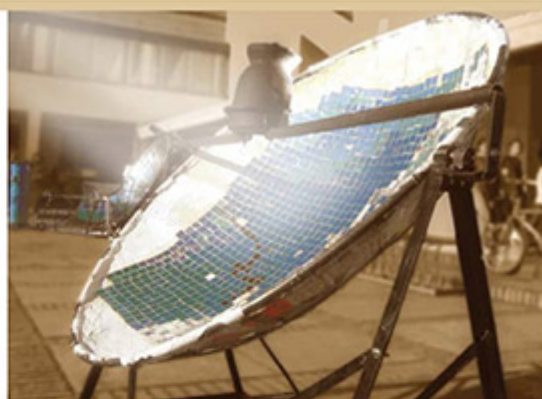


Figura 6  
Prueba de cocina solar realizada en los patios de los laboratorios de plantas térmicas de la Universidad Nacional (fotografía de los autores).

Las dimensiones finales de la cocina diseñada fueron:

Capacidad: 3l de volumen cocción.

Área irradiada: 1.81 m<sup>2</sup>

Diámetro: 1.40 m

La cocina se construyó con una comedera exterior en el soporte de la olla y tornillos en la base para ésta, para que pueda desplazarse el foco tanto en el plano vertical como horizontal, aumentando o disminuyendo el factor de concentración. La figura 6 muestra algunas fotos de la cocina terminada.

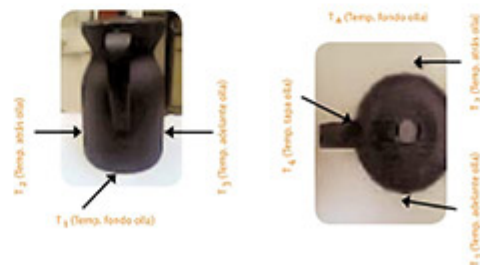


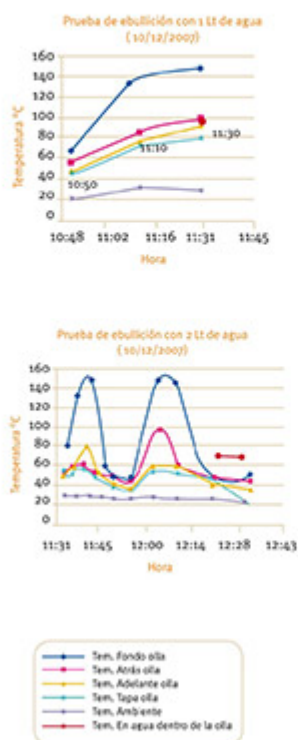
Figura 7  
Ubicación de sensores de temperatura en la olla de prueba.

61

Las pruebas se realizaron con un termopar tipo K y un lector de temperatura digital marca FLUKE. En la figura 7 se indican los sitios en los que se colocaron los medidores de temperatura en la olla de prueba. La figura 8 muestra los resultados obtenidos en el sistema de adquisición de datos para pruebas de ebullición realizadas con 1 l y 2 l de agua respectivamente.

Figura 8

Resultados obtenidos de la temperatura alcanzada para 1 l y 2 l de agua entre las 10:45 a.m. y las 12:00 m.



Con base en las pruebas documentadas hasta el momento se observó lo siguiente:

- La primera prueba se realizó con una incidencia de radiación directa del 90%.
- La ebullición de 1 l de agua se logró en 40 minutos.
- La segunda prueba se realizó con una incidencia de radiación directa del 75%.
- En la segunda prueba se alcanzó una temperatura de 80 °C en el agua después de 11 minutos.
- La temperatura máxima de la olla se alcanzó en el fondo a las 11:44 a.m. (148 °C).
- La temperatura ambiente osciló entre 21 y 27 °C.

Con los datos obtenidos se realizó el cálculo de la eficiencia obteniéndose una eficiencia del 32%.

## Conclusiones

Con base en los datos logrados, se demostró que el uso de cocinas solares como la diseñada y construida pueden ser viables para ser implementadas en proyectos a gran escala en poblaciones rurales de zonas como la Guajira (norte de Colombia), donde no existe suministro de energías convencionales como energía eléctrica y gas natural, aprovechando su radiación promedio solar anual entre 5 y 6 kWh/m<sup>2</sup> y su presión atmosférica de 1 atm. Lo anterior se basa en que las pruebas realizadas en Bogotá a una altura de 2.545 m sobre el nivel del mar con una radiación promedio anual de 2 kWh/m<sup>2</sup>, entre las 10:50 a.m. y las 12:50 p.m. del 19 de diciembre de 2007 con una nubosidad del 45%, suministraron valores entre 300 y 400 W/m<sup>2</sup> y permitieron alcanzar temperaturas hasta de 88 °C en 2,5 l de agua. Esto posibilita concretar un proyecto a gran escala con 100 cocinas para familias de comunidades de la Guajira, San Andrés y Providencia, así como algunas zonas del Magdalena.

## Bibliografía

- Carraza, G.C. (2007). *Diseño y construcción de una cocina solar para pruebas de laboratorio*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Carter, R., Solar O. (1980). Ed: Mt. Rainier: Vita Publications Service, p. 6.
- Centro de Estudios de la Energía Solar (1994). *Cocinas solares: manual de uso y construcción*. Ed. Progesa, p. 93 Sevilla, España. Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. Sector Industria (1982) *Cómo construir una cocina solar*. ITINTEC, p. 12, Lima, Perú.
- Nandwani, S. (1993). *La cocina horno solar: hágalo usted mismo economía y salud a su alcance, los pasos para su construcción, su funcionamiento óptimo, recetas y otros cosas más*. Ed. Fundación Una-Heredia, p. 98, Costa Rica.
- Páginas internet:  
[www.indexmundi.com/es/colombia/tasa\\_de\\_mortalidad\\_infantil.html](http://www.indexmundi.com/es/colombia/tasa_de_mortalidad_infantil.html)  
[www.profamilia.org.co/encuestas/osencuestas/2000\\_temas/06mortalidad.html](http://www.profamilia.org.co/encuestas/osencuestas/2000_temas/06mortalidad.html)

# SIN LÍMITES:

## DESARROLLOS FACILITADORES DE LA EXPRESIÓN DE PERSONAS CON NECESIDADES ESPECIALES

### JUAN CARLOS BOHÓRQUEZ REYES

INGENIERO ELÉCTRICO Y M.Sc. EN INGENIERÍA ELÉCTRICA  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES; Ph.D. ELECTRÓNICA DE ALTA FRECUENCIA  
(ENST-BRESTAGNE-FRANCIA)

PROFESOR FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES,  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA,  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN: ELECTRÓNICA Y SISTEMAS DE  
TELECOMUNICACIONES (GEST)

[jebhorq@uniandes.edu.co](mailto:jebhorq@uniandes.edu.co)

### MIRIAN CARRASCO GONZÁLEZ

PUBLICISTA, GERENTE GENERAL DE LA FUNDACIÓN PROPACE,  
[gerenciapropace@yahoo.com](mailto:gerenciapropace@yahoo.com)

### MARIO ALBERTO PINILLA G.

DISEÑADOR INDUSTRIAL, M.Sc. EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA,  
PROFESOR FACULTAD DE ARQUITECTURA, DEPARTAMENTO DE DISEÑO,  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES,

DIRECTOR GRUPO DE INVESTIGACIÓN DISEÑO, TECNOLOGÍA Y SALUD,  
[marginill@uniandes.edu.co](mailto:marginill@uniandes.edu.co)

## Resumen

Este texto expone una aproximación de trabajo interdisciplinario realizado por ingeniería, diseño, salud y pedagogía en torno al tema de la expresión de personas con necesidades especiales, y propone una nueva estrategia que busca dar respuesta al problema que representa el sentido unidireccional de la información en la primera aproximación.

## Tema

En nuestro contexto las circunstancias económicas y sociales son críticas para las personas en condiciones especiales; en particular, esto se aprecia de manera constante en la cotidianidad de la población que padece parálisis cerebral. No obstante, si los profesionales e investigadores que quieren generar aportes a la sociedad miran esta situación con una visión positiva, emergen oportunidades para el desarrollo de soluciones a las necesidades especiales de esta población y, por ende, en un espacio de desarrollo tecnológico para el país.

Se destaca que en Colombia se está avanzando de manera significativa en esta área y que es en la academia donde surge este trabajo activo, que pretende alcanzar cada día mayores desarrollos en bien de los niños, jóvenes y adultos que requieren comunicarse usando sistemas aumentativos y alternativos.

Nuestra tarea investigativa emprendida en los últimos años, ha conllevado la generación de ayudas técnicas para que los individuos tengan acceso a las herramientas que les permitan adquirir conocimiento dentro de los esquemas tradicionales de educación. En este sentido, consideramos nuestro más importante trabajo el haber diseñado e implementado una sala con las condiciones y ambientes adecuados<sup>1-5</sup>, orientada a aportar una cuota significativa frente a la deuda que nuestra sociedad tiene con las personas que no pueden comunicarse de manera natural, como la mayoría de los seres humanos lo hacen.

En efecto, la Sala de Comunicación Aumentativa y Alternativa establece un ejemplo de la habilitación de ambientes propicios para el desarrollo humano; asimismo, como ambiente constituye una plataforma esencial para la investigación que allí realizan estudiantes de pre y postgrado en Ingeniería,

**La persona con capacidades especiales siempre se encuentra recibiendo información impuesta por el tutor, y muchas veces el mismo individuo no puede decidir sobre ésta.**

Diseño Industrial y Educación Especial. Estos profesionales aportan en la construcción de nuevo conocimiento por medio del desarrollo de proyectos pedagógicos e investigativos, especialmente desde las líneas relacionadas con comunicación, lenguaje y tecnologías de apoyo para la comunicación de personas con discapacidad. Es en esta última línea donde cobra sentido la generación de adaptaciones tecnológicas para la Sala de Comunicación Aumentativa y Alternativa, en el marco del convenio interinstitucional entre la Universidad de los Andes y la Universidad Pedagógica Nacional, con financiación de Colciencias.

Las adaptaciones tecnológicas diseñadas en este proyecto benefician directamente a niños, jóvenes y adultos con discapacidad, quienes tienen alteraciones en su comunicación y lenguaje debido a problemas motores, sensoriales y mentales (véase figura 1). Además, la habilitación de la sala ha propiciado procesos de interacción social y de desarrollo humano de sujetos con necesidades especiales que descubren, gracias a estas ayudas, el sentido y el valor de la comunicación



Figura 1  
Niño usuario de sala trabajando en uno de los puntos habilitados.

El concepto de enseñanza presente en la comunicación aumentativa y alternativa, inevitablemente nos situó en un enfoque habilitador del ambiente, para que los niños con problemas de comunicación y lenguaje pudieran alcanzar mejores niveles de desarrollo humano.

Sin embargo, en el proceso posterior a la implementación del ambiente se ha detectado el sentido unidireccional de la información. Es decir, la persona con capacidades especiales siempre se encuentra recibiendo información impuesta por el tutor, y muchas veces el mismo individuo no puede decidir sobre ésta.

En este punto se resalta la importancia que adquiere para el ser humano con capacidades especiales la intervención pedagógica, mediada por sistemas de educación distintos al tradicional; en el sistema educativo tradicional, tanto nacional como internacional<sup>6-8</sup>, los bloques cognitivos condicionan la actividad educativa en torno al niño. Como una segunda aproximación al problema, se busca desarrollar un esquema diferente: el niño y sus capacidades especiales condicionarán la actividad pedagógica. Debemos entender un bloque cognitivo como los conocimientos de base de los que se espera que un niño se apropie: lectura, matemáticas, biología, etc. Fuera de nuestro país y en países desarrollados, se encuentra que la educación continúa siendo estructurada con base en los bloques cognitivos tradicionales, y cuenta con tecnologías de apoyo que le ayudan al niño a apropiarse los conceptos que se han preestablecido.

La nueva aproximación es innovadora porque desde su propósito es diferente: el punto de partida es que la educación para la población objetivo, debe ser entendida como un camino conceptual que permita al niño exteriorizar sus capacidades cognitivas y significativas con base en la explotación de su gestualidad. Es frecuente que, debido a alteraciones en el desarrollo –bien sea por factores genéticos o adquiridos–, estas personas presenten dificultades para comunicarse. Estas dificultades se traducen en barreras pedagógicas que obligan a la concepción de nuevas técnicas y metodologías que permitan a la población potenciar sus medios comunicativos.

Los autores planteamos estudiar, potenciar y fortalecer la gestualidad propia de la población objetivo, de manera que por medio de sus movimientos y capacidades naturales se les permita adquirir y expresar sus propios bloques cognitivos. Si los métodos tradicionales de educación, en conjunto con

alteraciones comunicativas, afectan el desarrollo de capacidades y procesos humanos, incluido el del aprendizaje, se plantea el desarrollo de espacios en los que los movimientos naturales sean la base de interacción para fortalecer la comunicación aumentativa y alternativa; ellos servirán de soporte para estimular el deseo en niños, jóvenes y adultos de explorar, interactuar y aprender. En consecuencia, se promueve el desarrollo de su lenguaje, de su pensamiento, y se aporta al mejoramiento de la calidad de vida de esta población, dentro de nuestra línea de exploración de nuevos medios y alternativas en los procesos de integración de niños y jóvenes a espacios donde su discapacidad no les permite llegar.

Hemos iniciado un proceso con la participación de la Asociación Colombiana Pro niño con Parálisis Cerebral, PROPACE, de investigación y diseño de un espacio de desarrollo de las potencialidades a partir del manejo de la Teoría de las Inteligencias Múltiples de Howard Gardner, donde pretendemos recrear espacios estimulantes que permitan a los niños construir su propio aprendizaje, la expresión de sus gustos y capacidades en cada una de las inteligencias, ya sean éstas de tipo lingüístico, visión espacial, relaciones inter e intrapersonales, música, etc., y que los lleve a comunicarse con quienes trabajan en sus procesos de formación y desarrollo.

La interrelación alrededor del tema es un campo interdisciplinario relativamente reciente en el mundo, que convoca a profesionales de la educación, la salud, el diseño, el arte y la ingeniería interesados en la generación de ayudas de alta y baja tecnología para solucionar los graves problemas estructurales y funcionales que suelen presentar las personas con discapacidad.

## Conclusiones

En primer término, la creación de entornos con tecnologías potenciadoras es fundamental, cuando el propósito de la educación está orientado a que las personas puedan desarrollar plenamente sus posibilidades y potencialidades para vivir de manera productiva y creadora, de acuerdo con sus necesidades e intereses.

En segundo término, el desarrollo pleno de las personas con necesidades especiales debe analizarse desde la perspectiva de los derechos humanos y de las leyes que protegen a las poblaciones en condición de vulnerabilidad. Las soluciones propuestas se formulan y desarrollan en consonancia con

Figura 2

Puesto de trabajo.



68

la Ley 115, entre otras reglamentaciones; Señen en cuenta concepciones que abogan por el fomento de la vida sana, el acceso al conocimiento y a los recursos necesarios para alcanzar un nivel de vida decoroso mediante la participación plena en la sociedad.

En tercer término, pensar el desarrollo humano de las personas con discapacidad desde una perspectiva tecnológica tendiente a potenciar los procesos de comunicación y lenguaje; y mejorar la calidad de las interacciones de estas personas implica operar sobre las condiciones de accesibilidad, movilidad, postura y comunicación, mediante el diseño ergonómico de muebles y de interfaces, softwares específicos y periféricos diseñados para satisfacer las necesidades de estas personas (véanse figuras 2 y 3).

Finalmente, se hace necesario un proceso de trabajo exploratorio y participativo, interdisciplinario e interinstitucional, en el que se aboque una metodología de diseño que desarrolle ayudas tecnológicas bajo el principio de que la tecnología debe adaptarse a la condición del usuario, que tenga en cuenta el respeto a la condición individual, al ritmo de cada persona, al contexto sociocultural y a los intereses y necesidades específicas de los sujetos.



Figura 3

Puesto de trabajo.

## Bibliografía

- Colciencias (2006). *75 maneras de generar conocimiento en Colombia: casos seleccionados por los programas nacionales de ciencia tecnología e innovación (1990-2005)*, Comunicación aumentativa y alternativa, Items Ltda./Rómulo Polo, pp. 152-153, Colombia.
- Supporting Technology for Augmentative and Alternative Communication. *Second Cambridge Workshop on Universal Access and Assistive Technology*, Cambridge, Inglaterra, marzo de 2004.
- Tecnologías de apoyo para la comunicación aumentativa y alternativa. *Suplemento periódico Portafolio*, 19 de marzo de 2004.
- Tecnologías de apoyo para la comunicación aumentativa y alternativa (enfoque México). IDEROHIP X, Cartagena, marzo de 2004.
- Tecnologías de apoyo para la comunicación aumentativa y alternativa (enfoque pedagógico) IBERDISCAP, San José, Costa Rica, marzo de 2004.
- Howard Gardner (1987), *Estructuras de la mente*, Basic Books Ind: Nueva York.
- \_\_\_\_\_ (1993), *Multiple Intelligences: The Theory in Practice*, Basic Books: Nueva York.
- \_\_\_\_\_ (2006), *The Development and Education of the Mind: The Selected Works of Howard Gardner*, Routledge: Nueva York.

69

# Historia y desarrollo de la geología forense en Colombia: materiales del planeta Tierra como evidencia para la justicia

CARLOS MARTÍN MOLINA GALLEGO

GÉOLOGO, MSc. PROFESIONAL UNIVERSITARIO FORENSE,  
PERITO LABORATORIO DE GEOLOGÍA FORENSE, REGIONAL BOGOTÁ,  
INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES.

[marmolgal@yahoo.com](mailto:marmolgal@yahoo.com)



## Introducción

La geología es una disciplina de las ciencias naturales muy poco conocida en Colombia; esa falta de cultura sobre el tema se demuestra en la ausencia de ésta en el pérsium del bachillerato, lo cual hace que cada semestre sea una de las últimas cámaras a ser tenida en cuenta por los egresados de los colegios, tanto de calendario A como de calendario B. De 86.332 consultas en la base de datos de 2007, sólo el 0,1% de los estudiantes manifestó su interés por la geología (Icfes, 2007). De igual forma, al dictar conferencias a estudiantes de postgrado y pregrado de otras profesiones, es muy escaso, o a veces nulo, sobre qué trata la geología, y menos aún las generalidades del tema.

Sumado a lo anterior son pocos los centros de educación superior donde se ofrece esta carrera; en ellos, generalmente se hace énfasis en la exploración y explotación de hidrocarburos y minería, temas que son importantes y familiares para las pocas personas que conocen la existencia de esta disciplina que estudia la dinámica interna y externa del planeta Tierra con todos sus procesos y transformaciones; sin embargo, a partir de esta definición es claro que también abarca otras disciplinas y aplicaciones de gran valor, algunas de las cuales no se practican en nuestro país, tal como sucede con la geología planetaria y la geoarqueología; otras, como la geología médica, están buscando abrirse paso, mientras que la geología forense trata de ir consolidando lo realizado hasta el momento.

Los aspectos mencionados muestran algunas de las principales causas que han dificultado la difusión en Colombia de la geología forense, disciplina que se encarga de orientar o esclarecer delitos, como homicidios, violaciones, estafas, lesiones personales, secuestros, hurtos, etc., a partir del estudio de suelos, rocas, minerales, fósiles, esmeraldas, entre otros, siendo herramienta (H) para las autoridades judiciales, y demostrando de forma directa un impacto social positivo (Molina, 1999). Por lo tanto, con este artículo se pretende dar a conocer grosso modo lo que ha sido y lo que actualmente se hace sobre el tema geoforense en nuestro país como apoyo a la justicia.

## Historia

Para hablar de geología forense en Colombia es necesario primero mencionar su contexto histórico. En un ferrocarril en Prusia, en abril de 1896, un tren que contenía monedas de plata llegó sin éstas a su destino final; a cambio, en su interior se encontró arena, por lo cual un científico del suelo adquirió muestras de ésta en las estaciones del tren a lo largo del trayecto recorrido, y con un microscopio buscó relacionar el lugar donde sucedió el cambio de la mercancía por arena. Este es el primer caso que aparece documentado como comparación forense de suelos, y sirvió para que la policía resolviera el delito (Fitzpatrick, 2008). Luego, en 1889, el médico y escritor irlandés

**Sherlock Holmes muestra la relación que se puede hacer entre el suelo presente en la escena de un delito con el adherido a los zapatos del sospechoso.**

Arthur Conan Doyle, por medio de sus famosas historietas de ciencia ficción sobre Sherlock Holmes, muestra la relación que se puede hacer entre el suelo presente en la escena de un delito con el adherido a los zapatos del sospechoso.

En 1904 sucede en Alemania el asesinato de una señora que es ahorcada con su propia bufanda; en el lugar de los hechos, materia de investigación, se recolectan evidencias minerales que

son cotejadas con las encontradas en el pantalón del sospechoso, así como muestras recolectadas debajo de sus uñas. Es el primer caso llevado a estrados judiciales donde con dicho estudio se acepta la culpabilidad por parte del inicialmente sindicado.

Luego, en 1910, en Francia, el médico Edmond Locard -famoso por su Principio de Intercambio, para explicar cómo el contacto entre dos cuerpos genera una mutua transferencia de material- instala un laboratorio en París, donde se hacen análisis de suelos con fines forenses. En 1921, en Estados Unidos, Eduard Heinrich inicia las investigaciones de casos forenses y el FBI, en 1935, instala un laboratorio de petrografía y mineralogía (Murray, 2004; Pye, 2007).

En Colombia se comienza a mencionar la geología forense en 1995, a partir de un trabajo de grado realizado en la Universidad Nacional de Colombia con el apoyo del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INML y CF), titulado: *Elaboración de un Modelo Comparativo de Suelos con base en análisis físicos, químicos y sedimentológicos con fines forenses* (Molina y Moreno, 1995a y 1995b; Ballesteros et al., 1998), en el cual se validaron métodos de análisis de suelos a muestras de tamaño en miligramos, teniendo como punto de partida el libro *Forensic Geology* (Murray et al., 1977) que trajo el químico Jaime Peláez de un laboratorio forense de Estados Unidos.

El servicio de geología forense comenzó formalmente el 13 de diciembre de 1999, recibiendo casos de suelos y uno de rocas, que tenían los perfiles químicos del INML y CF, quienes actuaban al libre albedrío para analizar dichos elementos materia de prueba, cuando llegaban esporádicamente solicitudes de las autoridades competentes. Fue a partir de esa fecha cuando comenzaron oficialmente a resolverse casos forenses en Colombia con aplicación directa de conocimientos geológicos.

## Desarrollo

Por ser un tema nuevo en Colombia, era necesario comenzar a desarrollar los diversos aspectos que dieran continuidad al iniciado. Es así como se han realizado trabajos de investigación con tesis de geología y química de la Universidad Nacional de Colombia, sobre caracterización petrográfica y mineralógica de suelos de Ciudad Bolívar en Bogotá, con fines forenses (Peña y Peña, 1998); técnicas de análisis forense de suelos (Soto, 2002; Soto et al., 2000; Reyes, 2003); petrografía forense (Pérez y Romero, 2004; Pérez et al., 2004); geología ambiental con fines forenses (Castellanos, 2006; Galeano, 2004). Igualmente, se caracterizaron suelos de la Comuna 4 de Armenia, con tesis de química de la Universidad del Quindío (Cardona y López, 2003). Un trabajo con estudiantes de derecho de la Universidad Libre evaluó la utilidad y trascendencia de la geología forense en las investigaciones judiciales (Arliza y Martínez, 2007). Asimismo, la importancia de la interdisciplinariedad fue interesante en la tesis de la Especialización en Odontología Forense de la Universidad Javeriana, en la cual se observó el comportamiento del ADN pulpar en suelos ácidos y básicos (Aguilar et al., 2004).

Paralelamente, con los dictámenes (hoy en día llamados Informes Periciales dentro del Nuevo Sistema Penal Acusatorio) se obtuvo, en 1999, uno de los primeros lugares en el Premio Nacional de Calidad que organizó el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, con jurado externo, donde hubo un reconocimiento a la geología forense, al conocerse los resultados de una encuesta realizada directamente con cada una de las fiscalías y jueces que habían solicitado dictamen para orientar o esclarecer un delito.



Foto 1

Botas con adherencia de suelo para cotejo con muestras patrón. Pertenecen a un sindicado de homicidio. El resultado indicó diferencias entre las muestras dicitadas e indubitadas.

Foto 2

Pala con adherencia de partículas de suelo que fueron asociadas al lugar donde hubo hurto de combustible. La herramienta se encontró a las personas sospechosas del delito.

El común de los casos que llegan para análisis está relacionado con homicidios, donde se cotejan las partículas de arena, limo y arcilla que constituyen el suelo natural en el lugar de los hechos materia de investigación, contra las adherencias de suelo que pueden quedar en los zapatos, prendas y/o herramientas utilizadas para cometer el delito (véase foto 1).

Investigaciones en hurto de combustible (véase foto 2) y estafas en comercio de esmeraldas (véase foto 3) también han formado parte del trabajo de geología forense. De igual manera, en accidentes de tránsito, donde se ha encontrado similitud en el suelo de las llantas del vehículo sospechoso con el adherido a las prendas de la víctima (ver foto 4).

Hay otros hechos de investigación judicial en los cuales la geología forense pueda hacer un aporte; uno de ellos fue el asesinato de los diputados del Valle del Cauca, sucedido en 2007, donde se confrontaron los suelos recolectados de las fosas donde fueron exhumados, con las partículas de suelos adheridas a las prendas de sus cuerpos y/o bolsas plásticas donde estaban envueltos (véase foto 5). Igualmente, se ha participado en casos que han tenido connotación internacional por violación de Derechos Humanos, como en Santo Domingo (Arauca) y Mapiripán (Meta).

Foto 3

Lote de piedras verdes que llegaron al Laboratorio de Geología Forense para determinar si son o no esmeraldas. El análisis mostró que la mitad de cada una sí era esmeralda natural, pero la otra mitad era falsa.



Foto 4

Jean perteneciente a la víctima de un accidente de tránsito. El suelo adherido a la prenda fue similar al desprendido de las llantas de la vehículo sospechosa.



74

## Contexto internacional

En el ámbito internacional –a partir de los eventos que han reunido al gremio geológico, desde el año 2005, cuando se realizó el XI Congreso Latinoamericano de Geología en Montevideo, Uruguay (Molina, 2005; Seminario Búsqueda, 2005), pasando por el Primer Encuentro del Grupo de Geociencias Forense en Londres (Reyes et al., 2006), hasta el último evento específico sobre Criminalística y Medio Ambiente Forense de Suelos realizado en Edimburgo ("2nd International Workshop on Criminal and environmental Forensics of Soils", 2007)–, sólo en Colombia se está practicando la geología forense a nivel de habla hispana, aclarando que en España hay un químico y un microbiólogo que comenzaron a hacer análisis forense de suelos.

Los países que lideran las investigaciones sobre el tema son Estados Unidos, Inglaterra, Australia, Irlanda y Escocia; otros como Canadá, Alemania, Japón, Italia, Portugal y Rusia tienen muy pocas personas que trabajan en el tema; sin embargo, están presentes activamente.

## Presente y futuro

En la actualidad se están procesando resultados estadísticos de las caracterizaciones físicas, químicas y mineralógicas realizadas en suelos, que corresponden a muestras patrón secundarias y forman parte de una base de datos con fines forenses.

Asimismo, está la propuesta oficial de aplicar geofísica forense para la búsqueda de fosas comunes e individuales en Colombia, con el fin de ganar tiempo, ahorrar recursos y garantizar efectividad en el trabajo de campo; para ello, está sobre la mesa el uso del Radar de Penetración del Suelo (GPR), así como la utilización de un electromagnetómetro (EM).

También se va a comenzar la caracterización de muestras de geología forense mediante técnicas nucleares, que se desarrollará conjuntamente con Ingeominas, y es bastante útil cuando las partículas de suelo para análisis son bastante escasas.

Temas ambientales, unidos a la geología médica, deben interactuar con toxicología y medicina, ya que son disciplinas que tienen el conocimiento necesario para explorar en Colombia el tema de la contaminación de suelos con enfoque geoforense.

Otro tema muy interesante y necesario para investigar es la incidencia del suelo en el proceso estomacal, en el cual se requiere interdisciplinariedad de químicos, microbiólogos, antropólogos, patólogos y geólogos. De igual forma, se debería generar en Colombia una línea de investigación en escena acústica forense, para encontrar o hacer una aproximación de dónde están los cadáveres o restos de ellos, después de ser torturados y arrojados a los ríos, para lo cual también se requiere la presencia de distintas áreas del conocimiento.

Por último, es necesario tener el apoyo constante en Colombia para la difusión de la geología forense y, de esa manera, expandirla en Latinoamérica.

**pagosonline.net**  
El pago seguro en Internet

Vende fácilmente por Internet con toda tranquilidad, usando la más avanzada tecnología en detección contra el fraude electrónico.

Contáctanos ya en:  
**www.pagosonline.net**



PBX: (+1)7 563 126

75

Foto 5

Muestras patrón recolectadas de cada una de las 11 fosas donde fueron exhumados los diputados, para ser comparadas con las adherencias de suelo presentes en sus prendas y bolsas plásticas en las que estaban envueltas. Se determinó que tenían distinto origen, indicando que el sitio donde los sepultaron fue diferente al lugar en donde estaban secuestrados.



Foto 6

Fragmentos de rocas para cotejo. La autoridad competente averigua si hay relación de alguna de ellas, con la que ocasionó el impacto mortal en la cabeza de una persona que estaba dinamitando. El resultado mostró la relación entre unas muestras patrón y unas dudosas.



## Referencias

Aguilar, Lina F., Bonilla, Guillermo y Medina, José (2004). *Extracción y análisis de ADN pulpar de dientes inhumados por un período de ocho meses en suelos naturales de Colombia, con pH de 3.6 a 8.0, y su aplicación con fines forenses*. Facultad de Odontología, Universidad Javeriana, Bogotá.

Ariza, Paola A. y Martínez, María V. (2003). *Características y aplicaciones de la geología forense como herramienta en las investigaciones judiciales a partir de una adecuada recolección, embalaje y solicitud del dictamen*. Centro de Investigaciones, Facultad de Derecho, Universidad Libre, Bogotá.

Ballesteros, M. I., Molina, C. M. y Moreno, J. (1998). *Estudio de suelos con fines forenses por análisis físicos, químicos, mineralógicos y granulométricos*. *Revista Colombiana de Geología*, volumen 22, noviembre, Bogotá.

Cardona, C. y López, N. (2003). *Caracterización parcial de suelos con fines forenses en la Comuna 4 de Armenia, Quindío*. Departamento de Química, Universidad del Quindío.

Castellanos, Y. (2006). *La piedra del delito*. Sección Ciencia. *UN Periódico*. Universidad Nacional de Colombia, septiembre, Bogotá.

Fitzpatrick, R. (2008). *Nature, Distribution and Origin of Soil Materials in the Forensic Comparison of Soils*, capítulo 1. *Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains*, CRC Press, U.S.

Galeano, Esther A. (2004). *Inundaciones en la cuenca del río Tunjuelo (Bogotá, Colombia), evidencias ambientales para la geología forense*. Tesis Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Ites (2007). *Bases de Datos Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior*, Bogotá.

Molina, C. M. (1999). *Guía de geología forense*. Grupo de Química Regional Bogotá. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.

\_\_\_\_\_. (2001). *La geología en el campo de la criminalística*. Memorias del XI Congreso Latinoamericano de Geología. Noviembre 12-16, Montevideo, Uruguay.

Molina, C. M. y Moreno, J. (1995a). *Elaboración de un modelo comparativo de suelos con base en análisis físicos, químicos y sedimentológicos para su aplicación en geología forense*. Tesis Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

\_\_\_\_\_. (1995b). *Memorias VIII Congreso Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses*. Septiembre 13-15, Pereira.

Mumay, R. (2004). *Evidence from the Earth. Forensic Geology and Criminal Investigation*. Mountain Press, Missoula.

Murray, R. y Tedrow, J. (1973). *Forensic Geology*. Prentice Hall, Nueva Jersey.

Páez, N., Romero, N. (2004). *Caracterización petrográfica de morteros, concretos y ladrillos más utilizados en la construcción de viviendas en Bogotá D.C., para su aplicación en geología forense*. Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Páez, N., Romero, N. y Molina, C. M. (2004). *Memorias XI Simposio Internacional de Criminalística*. Noviembre 6-8, Bogotá.

Pella, César F. y Pella, Harold A. (1998). *Caracterización petrográfica y mineralógica de los suelos de un sector al sur de Ciudad Bolívar en Santafé de Bogotá, D.C. aplicada a la geología forense*. Tesis Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Pye, K. (2007). *Geological and Soil Evidence. Forensic Applications*. CRC Press, London, Nueva York.

Reyes, Sandra P. (2003). *Caracterización parcial de suelos con fines forenses de un sector de Ciudad Bolívar al sureste de Bogotá*. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Reyes, S., Molina C. M. y Ballesteros, M. I. (2006). *Poster: Usefulness of Dendrogram on forensic Geology, Geosciences in the Crime Scene*. Sociedad Geológica de Londres, diciembre.

Semanario Búsqueda. *Ambiente/Ciencia y Técnica* (2001). *Geología forense: una ciencia nacida de la ficción que estudia el suelo, un elemento que puede ser única prueba para resolver crímenes*. Montevideo.

Soto, Héctor J. (2002). *Aplicación de técnicas de análisis de suelos para su caracterización parcial con fines forenses en una zona de Ciudad Bolívar en Santafé de Bogotá D. C.* Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Soto, J., Ballesteros, M. I. y Molina, C. M. (2002). *"Cuantificación de metales en suelos aplicando una metodología usada con fines forenses"*. *Revista Colombiana de Química*, volumen 31, No 2. 2nd International Workshop on Criminal and Environmental Forensics of Soils (2007), Edinburgo, Escocia, octubre 30-noviembre 1.

# Oráculo de la ciencia

RUBINSTEN HERNÁNDEZ BARBOSA

COORDINADOR ÁREA DE CIENCIAS NATURALES  
Y EDUCACIÓN AMBIENTAL  
GIMNASIO MODERNO, BOGOTÁ, COLOMBIA.

[rhbjd@hotmail.com](mailto:rhbjd@hotmail.com)



## Introducción

El pasado 11 de septiembre se cumplieron 200 años de la muerte del considerado padre de la ciencia en Colombia, don José Celestino Mutis. Gracias a sus valiosos trabajos en diferentes campos de las ciencias naturales, goza de un lugar privilegiado en el desarrollo histórico de las ciencias en nuestro país. Este escrito tiene como objetivo no sólo recordar a quien estuvo al frente de uno de los proyectos científicos más grandes hasta el momento en Colombia, la Real Expedición Botánica de la Nueva Granada, sino también presentar, de manera sucinta, algunos aspectos de la vida polifacética de este naturalista de origen español como médico, matemático, astrónomo y catedrático, entre otros.

## Mutis el hombre

José Celestino Bruno Mutis y Bosio, considerado por muchos como el padre de la ciencia en Colombia, nació el 6 de abril de 1732 en Cádiz, España, y murió, a la edad de 76 años, el 11 de septiembre de 1808 en Santafé de Bogotá. Humboldt lo describió como una persona de elevada estatura, de una buena constitución física, conversador y de buenas maneras. Aunque hay otros adjetivos que pueden describir su polifacética personalidad —obstinado, persistente, paciente, terco, curioso, emprendedor y soñador—, ésta sólo se puede redescubrir leyendo los diarios que él dejó, consideraba Enrique Pérez Arbeláez (1963). De familia española, con ancestros italianos, sus padres, doña Gregoria Bosio y Julián Mutis, heredaron la librería del abuelo Damian Bosio. Quizás fue este ambiente el que despertó en Mutis el gran interés por los libros y la academia.

Mutis fue el único de la familia que continuó estudios universitarios. Tomó varios cursos en el colegio de San Fernando de Cádiz, donde realizó estudios de gramática, filosofía y teología. Estudió medicina, al parecer por presión de sus padres, en el Colegio de Cirugía de Cádiz; allí complementó su formación con cursos en física, química, botánica, anatomía práctica, cirugía y ciencias auxiliares. Debido a que el instituto en Cádiz no tenía la facultad de conferir el grado respectivo, Mutis tuvo que terminar sus estudios en la Universidad de Sevilla, y en 1753 obtuvo el título en Artes y Filosofía, que para entonces era considerado una condición para optar por el de medicina, que consiguió en 1755.

## Arribo a la Nueva Granada

A pesar de haber sido escogido para perfeccionar sus estudios en París, Leiden o Bolonia, donde se consideraba que estaban las mejores universidades del momento, optó por una aventura en América; más concretamente, en la Nueva Granada, adonde llega como médico de don Pedro Messía de la Cerda, en 1760. Desde su arribo a tierras americanas, consideró que en las colonias españolas —además de producirse oro, plata y algunos metales preciosos— se encontraban productos como maderas, tintes, ceras y gomas, que podrían ser explotados para beneficio tanto de la economía colonial, como del comercio español de entonces.

Desde su llegada a la Nueva Granada, Mutis tuvo en mente el estudio y aprovechamiento de los recursos naturales, de pronto movió

Humboldt lo describió como una persona de elevada estatura, de una buena constitución física, conversador y de buenas maneras.

no sólo por la curiosidad natural, sino también por la gran expectativa que desde España se tenía de las tierras americanas como fuente de riquezas vegetales y minerales. Con su llegada a la Nueva Granada trajo consigo el denominado método científico y la idea de formar una comunidad académica con disciplina de trabajo. Movido por estos ideales fue notable su interés por dejar su legado a los jóvenes, con quienes, al parecer, tenía un trato personal y especial, y los motivaba a introducirse en el maravilloso mundo de los libros conociendo su biblioteca personal, que, según los documentos, era especializada y completa para la época, como también a conocer los diferentes instrumentos de medición, como el barómetro y el termómetro, entre otros, que siempre formaron parte del equipaje de este naturalista.



*Epidendrum armeniacum*



*Masóevilla caudata*



*Liparis elata*



*Epidendrum geminiflorum*

Desde tierras americanas Mutis tuvo una comunicación con el llamado príncipe de la botánica, el señor Carlos Von Linné (1707-1778), quien ya gozaba de un buen nombre en Europa y era conocido por haber propuesto el sistema sexual de clasificación de las plantas basado en las estructuras de la flor. Por medio de cartas, escritas en latín, Mutis mantenía informado a Linné, especialmente sobre los avances y descubrimientos en materia de plantas. Esta correspondencia fue publicada parcialmente en *A Selection of the Correspondence of Linnaeus and Other Naturalists*.

Gracias a esta continua comunicación, ambos se vieron beneficiados. El nombre de Mutis empezó a sonar en los círculos intelectuales en el campo de la botánica en Europa y Linné compiló material para publicar en el *Supplementum plantarum* con las descripciones de algunas de las plantas que Mutis le envió. Pero no sólo intercambiaban opiniones sobre los diferentes recursos naturales; desde La Montuosa (Norte de Santander), Mutis, en dos oportunidades (1773 y 1778) envió una gran cantidad de material vegetal de especies consideradas "raras", que, lamentablemente, por errores inexplicables, fueron identificadas como procedentes de México.

Toda su obra, su legado y sus aportes fueron y son importantes, pero llaman la atención el tiempo y el empeño con que Mutis se dedicó al estudio de las características y propiedades terapéuticas de la quina, planta que descubre en las estribaciones de los Andes, de regreso a Santafé por el Camino Real



Attalea nucifera

vía Honda, pasando por La Mesa y Tena. Los resultados de las observaciones y reflexiones sobre esta planta se encuentran en la que se considera la única obra acabada de Mutis: *El Arco de la Quina*, que fue publicada en el *Papel Periódico*, el periódico de la época de Santafé de Bogotá, que dirigía Manuel del Socorro Rodríguez.

Según Alexander von Humboldt, en la Real Academia de Estocolmo se encuentra un escrito denominado *Quinología*, que también fue publicado en el *Papel Periódico*, en 1794. En él Mutis da a conocer sus investigaciones míticas y botánicas sobre la quina. También muestra el proceso de fermentación en la elaboración de chicha, que se realizaba en Quito y en Lima. Al parecer fueron los propios indígenas quienes revelaron a Mutis todos los secretos de la llamada "quinta maravilla de la naturaleza".

El descubrimiento de la quina por parte de Mutis tuvo repercusiones en diferentes ámbitos. En el personal, catapultó el nombre de Mutis, representó su esplendor como botánico, le valió el reconocimiento de los científicos europeos y favoreció su decisión de quedarse en América. En el plano político, incidió para recibir apoyo económico por parte de la Corona. En lo ambiental, fueron miles las cortezas de estos árboles que fueron recolectadas y secadas antes de comenzar su travesía hacia el Viejo Mundo. En lo económico, según anota Gonzalo Hernández de Alba (1996), la quina ayudó a la financiación de los últimos años del virreinato y de los ejércitos de la reconquista.

De regreso a su legado, lamentablemente la obra de Mutis no tuvo tanta difusión y tampoco fue publicada por su gestor. Se sabe que en una oportunidad requirió algunos dibujos de la flora de la actual Cundinamarca, para enviar a España un ejemplar, y el otro se quedaría en Santafé, aunque debido a los momentos de confusión política que vivía España en esos momentos, estos trabajos no fueron publicados; esta colección se unió a las procedentes de Perú y México. Frente a este aspecto hay que decir que parte de la obra se dio a conocer mediante los escritos de Linneo, Cavanilles, Humboldt y Caldas.

Algunos de sus escritos son póstumos, sus notas, papeles y colecciones pasaron a manos del heredero, su sobrino Sinforsoso Mutis Consuegra, hijo de su hermano Manuel, quien al morir, en 1792, dejó 7 hijos huérfanos, cuatro mujeres y tres hombres, a quienes Mutis pagó sus estudios en el Colegio del Rosario. José y Facundo tomaron otros rumbos. Fue precisamente a Sinforsoso, su sobrino más necio, y que le causó más de un dolor de cabeza —situación que se puede interpretar en las cartas que Mutis enviaba a su progenitora a Santander—, a quien el sabio incorporó a su proyecto expedicionista.

## El encuentro con Humboldt y Bonpland

Cuando Aimé Jacques Alexander Goujoud, alias Bonpland, estuvo en París con el objetivo de proseguir sus estudios de Ciencias Naturales, conoció a Antonio de Jussieu, un prestigioso naturalista, quien lo recomendó junto con Alexander Humboldt para formar parte de la expedición que el gobierno francés pensaba llevar a cabo en Sudamérica y en África. Y aunque este proyecto no se realizó, fue muy importante, ya que fue el inicio del viaje que estos dos aventureros emprendieron hacia América, una vez el rey Carlos IV de España les concedió el permiso para visitar las tierras de sus dominios.

Zarparon de la Coruña con rumbo a La Habana y México, pero debido a una epidemia se vieron obligados a desembarcar en Cumaná, Venezuela. Dadas las circunstancias aprovecharon para estudiar la flora, la fauna, los minerales, el suelo y las costumbres de los pueblos indígenas que se encontraron a su paso. De allí, retomaron la ruta inicial y la expedición se encaminó hacia Cuba, para luego continuar hacia el Istmo y llegar a la bahía de Chagres, pero de nuevo la fortuna no los acompañó y llegaron al golfo del Darién, bordearon la costa hacia el norte y desembarcaron en Cartagena. Allí de nuevo el itinerario cambió y por vía terrestre se dirigieron a Guayaquil. Desde Turbaco (Bolívar) Humboldt le escribió a Mutis y, en un tono muy formal, como él mismo lo anota, le expresó su deseo de conocerlo personalmente. Desde Europa

Al parecer fueron los propios indígenas quienes revelaron a Mutis todos los secretos de la llamada "quinta maravilla de la naturaleza".



*Bellucia axinanthera*

*Zamina cf. muricata*

Humboldt ya sabía de la existencia de Mutis, quien respondió inmediatamente y de manera generosa le ofreció toda la colaboración posible. Después de cuarenta y cinco días de navegación por el río Magdalena llegaron a Honda. Luego de conocer Mariquita y Santa Ana emprendieron su viaje hacia Santafé.

Mutis se entusiasmó e hizo todos los preparativos. Humboldt no llegó solo, fue acompañado de Bonpland (Bon-pland), apodo que le guiso su padre por el gusto que desde niño tuvo por las plantas. Se hizo médico también por presión familiar, pero su verdadera vocación estaba en el estudio y el conocimiento del reino vegetal. Fueron recibidos con honores. La visita de estos personajes ilustres causó alboroto entre la sociedad ilustrada de entonces; pero también animó y promovió la figura de Mutis en la Nueva Granada. Desde el primer momento, los dos europeos quedaron sorprendidos de la hospitalidad y generosidad del anfitrión. Humboldt esperaba encontrarse con alguien entrado en años y con los achaques propios de esa edad, pero su sorpresa fue mayúscula cuando vio a una persona jovial, dinámica, entusiasta y con una gran fortuna y además, con un bagaje de conocimientos que le permitió hablar de los más variados temas.

La visita, que inicialmente estaba planeada para unos días, se extendió por dos meses. Las fiebres de las que fue víctima Bonpland, y que lo venían aquejando desde Cumaná, fueron la excusa perfecta para quedarse más días en Santafé.

Humboldt y Bonpland aprovecharon este tiempo para tres cosas: la primera, para conocer en detalle las colecciones botánicas de Mutis y de sus discípulos Eloy Valenzuela, Francisco Antonio Zea y Francisco José de Cálidas. La segunda, para aumentar su colección personal con los presentes que el propio sabio les ofreció, y la tercera, particularmente Humboldt, para conocer los alrededores de Santafé, incluidos lugares como Zipaquirá, los cerros de Monserrate y Guadalupe, el salto del Tequendama y Guatavita, entre otros.

Al parecer la generosidad de Mutis para con sus invitados no tuvo límites: les facilitó sus notas personales y manuscritos, además de las descripciones y las láminas de los especímenes que hasta entonces se habían recolectado con las más cuidadosas técnicas. El desprendimiento de Mutis para con sus invitados también se hizo evidente en las láminas que les obsequió, que aunque no se conoce

Desde Turbaco (Bolívar) Humboldt le escribió a Mutis y, en un tono muy formal, como él mismo lo anota, le expresó su deseo de conocerlo personalmente.

con certeza el número, se dice que fueron las acuarelas de sus mejores pintores, acompañadas de notas técnicas. También les regaló una colección de quinas.

Después de su paso por Santafé, Humboldt y Bonpland siguieron su camino, que los llevó a maravillarse con los Andes tropicales. Sus investigaciones dieron un giro al concepto de vegetación y a la manera de enfocar los estudios de la misma; a partir de allí, se consideraron para su estudio e interpretación, como una unidad natural. Sus descubrimientos, que luego fueron difundidos en Europa, hicieron que se cambiara, de alguna manera, la visión que los europeos tenían del continente americano. En agradecimiento y reconocimiento, Humboldt dedicó el primer volumen botánico a Mutis, donde expuso los resultados de su viaje por América.

## Mutis, médico y sacerdote

Como médico, Mutis trabajó en el Hospital de la Marina de Cádiz, donde sus continuas interacciones con don Jorge Juan de Santacilia hicieron que su interés por la astronomía se acrecentara. También trabajó en el Hospital General de Madrid, donde ejerció como suplente de la cátedra de anatomía. De manera concomitante con su labor como médico, y dejándose llevar por sus otros intereses y pasiones, profundizaba sus conocimientos sobre las plantas en el Jardín Botánico del Soto de Migas Calientes, hoy Real Jardín Botánico de Madrid.

A pesar de que el interés por la medicina fue superado, de alguna manera, por el de la botánica, especialmente en cuanto a práctica se refiere, Mutis supo mantener e integrar estos dos campos. A su llegada a tierras americanas, inicialmente se dedicó a observar y a reflexionar sobre la forma como los nativos hacían frente a las enfermedades, aspecto que al comienzo generó toda clase de críticas y de desacuerdos, pero que luego se convirtió en un interés, que lo llevó no sólo a comprender esta nueva clase de medicina sino a abrirse a otras posibilidades de curación, como el uso del bejuco curare por parte de los nativos contra las picaduras de serpiente, o el uso de la *ayajama biche* contra la gangrena.

Es importante anotar la gran contribución que Mutis hizo al estudio de la medicina, pues se sabe que introdujo el estudio de la anatomía por medio de la disección. También fue un colaborador valioso en la organización del plan de estudios de la Facultad de Medicina del Rosario (1802-1804). En 1772, a los 40 años, se ordenó como sacerdote. Se dice que si bien es cierto que Mutis tomó esta decisión por sus profundas convicciones –las cuales, según Fonnegea (2008), tuvo desde la infancia–, no se



*Epidendrum attenuatum*

*Pleurothallis sclerophylla*



Pleurothallis cardium



Barbosella rhynchantha

puede desconocer que probablemente también lo hizo por conveniencia, ya que la Santa Inquisición lo había acusado de hereje por promulgar las ideas de Copérnico, Galileo y Newton. En 1791 regresó a Bucaramanga como párroco de esa ciudad.

### Mutis y la minería

Llama la atención el gusto que Mutis tuvo por los minerales, quizás por el valor económico que éstos representaban. Después de vivir durante un tiempo en Santafé de Bogotá, abandonó la gran sabana y emprendió viaje hacia La Montuosa (Norte de Santander), entre Glion y Pamplona. Allí permaneció varios años; además de aplicar sus conocimientos sobre la producción de la plata, aprovechó para ampliar su colección vegetal y planificar lo que sería su trabajo durante los siguientes años.

Con su partida hacia La Montuosa quedaron atrás las comodidades de la gran ciudad; abandonó su papel de médico del virrey y se dedicó a las labores de minero y profesor. Este giro inusitado no le hizo perder el norte que desde su llegada había tenido en mente; por el contrario, las minas se convirtieron para Mutis no sólo en objeto de estudio, sino también en una forma de conseguir recursos que le facilitaron una independencia económica, que a su vez le permitieron continuar con su proyecto, pero a título personal. También se registran dos eventos importantes en el campo de la minería relacionados con Mutis: el primero, descubrió una mina de mercurio cerca de la ciudad de Ibagué, localizada en medio del nevado del Tolima y el río Saldaña, y el segundo, el descubrimiento de los yacimientos de neme y de petróleo en Cumaral (Meta).

### Mutis catedrático

A Mutis le gustaba crear cátedras. Su primera escuela de formación fue la Escuela de Pintura, cuyo objetivo era hacer retratos de las plantas en su tamaño y color natural. A esta escuela pertenecieron 32 pintores, a quienes les exigió mucha disciplina en su oficio. Son más de 5.000 láminas, que representan a más de 2.600 especies y 26 variedades distintas, que fueron dibujadas con detalle por los pintores adscritos a la Expedición Botánica, entre quienes se encontraban algunos indígenas.

En el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario colaboró como maestro en las cátedras de teología y derecho. Su entusiasmo por los números lo llevó a inaugurar, en 1762, la cátedra de matemáticas, cuyo estudio, hasta entonces, había estado influenciado por los modelos y programas establecidos desde

la época medieval. A lo largo del discurso de inauguración, Mutis resaltó la importancia y la necesidad de esta cátedra, así como su relación con otras áreas del conocimiento.

El propio Mutis se encargó de elaborar el programa, definir los horarios, seleccionar los libros y los profesores sustitutos, entre quienes se destacaron Fernando Vergara y Calcedo (1763-1804), Jorge Tadeo Lozano (1771-1816) y Francisco José de Caldas (1768-1816). También en el Colegio Mayor del Rosario, en 1801, propuso la creación de la cátedra de química y mineralogía. En 1804 Mutis abrió la cátedra de medicina, conforme al proyecto que había venido gestando desde años anteriores.

### Mutis astrónomo, matemático y físico

Otra de las pasiones de Mutis fue la astronomía. Observó cuando los satélites de Júpiter se ocultaban y, según escribe Caldas, en el Semanario del Nuevo Reino de Granada (tomo 1, pp. 55 y 56, No 3) Mutis aseguaba haber descubierto que la Luna ejerce una gran influencia sensible sobre el período y la extensión de las variaciones horarias. Su pasión desbordante por los cuerpos celestes lo llevó en 1802, a emprender la construcción de un observatorio en el patio de su casa, en medio del jardín. En 1803 logró el apoyo para fundar el Observatorio Astronómico de Bogotá, que en sus inicios fue dirigido por Caldas.

Fue un estudioso de las matemáticas y de la física. Precisamente en el discurso de inauguración de la cátedra de matemáticas en el Colegio Mayor del Rosario, José Celestino Mutis versó sobre los principios del sistema de Copérnico, el cual se oponía a lo que planteaba Ptolomeo. Esta situación le generó enfrentamientos con los padres dominicos y con los agustinos. En 1774, ante la Santa Inquisición, Mutis tuvo que defender y justificar la conveniencia de la enseñanza de los principios copernicanos, así como de la física y la matemática modernas, inspiradas en Isaac Newton. Su visión de ciencia integral lo motivó a leer de manera profunda las obras de los químicos franceses Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), Louis Bernard Guyton-Morveau (1732-1816) y Antoine François Comte de Fourcroy (1755-1809) sobre el estado de la química moderna.

### Mutis zoólogo

Cuando se estudia y se reflexiona sobre la obra de Mutis, es innegable que se puede catalogar como multidisciplinaria, debido al aporte que hizo en distintos campos de las Ciencias Naturales, y aunque su aspecto y aporte central fue en el campo de la botánica, no se puede mirar de soslayo el trabajo de observación y estudio que Mutis hizo con respecto a las costumbres de las hormigas, de las termitas y de las abejas. Otras especies también llamaron su atención y fueron objeto de observación: los reptiles y sus guaridas, las aves y sus nidos, entre otras. Su interés por el reino animal también se pone de manifiesto en las especies de mamíferos, aves y peces que mandó pintar.

### Mutis expedicionista

Su deseo de elaborar una completa Historia Natural de toda Hispanoamérica lo llevó a solicitar, en tres oportunidades, el apoyo de la Corona española. Como la tercera es la vencida, el 30 de abril de 1783, y con el amparo del virrey Antonio Caballero y Góngora, recibió oficialmente del rey Carlos III -quien

Son más de 5.000 láminas, que representan a más de 2.600 especies y 26 variedades distintas, que fueron dibujadas con detalle por los pintores adscritos a la Expedición Botánica, entre quienes se encontraban algunos indígenas.

fue uno de los impulsores de la Ilustración en el país ibérico— el apoyo y el auspicio necesarios para adelantar la Real Expedición Botánica de la Nueva Granada. Fueron muchos años de espera, que Mutis aprovechó para dedicarse a la minería y a las actividades de la docencia, antes de estar al frente del proyecto investigativo botánico y biogeográfico más importante del país.

**Fueron muchos años de espera, que Mutis aprovechó para dedicarse a la minería y a las actividades de la docencia, antes de estar al frente del proyecto investigativo botánico y biogeográfico más importante del país.**

Dirigió la expedición durante 25 años, y aunque el epicentro fue inicialmente Mariquita, y luego Santafé y sus alrededores, la ruta de este expedicionista incluyó el eje del río Magdalena desde Cartagena hasta Honda, Guaduas, La Mesa y la laguna de Pedro Palo. Entre los nombres que en diferentes momentos se vincularon a este magno proyecto se encuentran fray Diego García, Pedro Fermín de Vargas, Eloy Valenzuela, Francisco Antonio Zea, Jorge Taceo Lozano, Francisco José de Cádiz, Sinfaroso Mutis Consuegra y Francisco Javier Matiz, entre otros.

Según Santiago Díaz Piedrahíta (2000), presidente de la Academia de Historia, la Expedición Botánica de la Nueva Granada registra datos no sólo interesantes, sino contradictorios. A pesar de ser la que más tiempo duró, aproximadamente 30 años, la que tuvo mayor apoyo económico —cuando se le compara con las de Perú y

Chile—, la que tuvo una escuela propia de dibujo y la que contó con más herbarios, paradójicamente fue la que menos resultados e impacto científico tuvo, debido quizás a la falta de publicaciones.

A la muerte de Mutis, en 1808, y prácticamente por disposición previa del propio sabio, Cádiz asumió la parte concerniente a la astronomía; Salvador Rizo se encargó de la Escuela de Pintores y su sobrino Sinfaroso tomó la dirección de la expedición hasta 1816, año en que, por las reformas políticas que conllevó el movimiento de independencia, y después de ser ejecutados muchos de los prestigiosos hombres que participaron en la expedición, Pablo Morillo recibió órdenes directas desde España de dar fin al considerado primer trabajo científico de nuestro país. Fue así como los herbarios, los manuscritos, los dibujos y las más de 6.000 láminas —haciendo el recorrido inverso al que su gestor hiciera años atrás, empaquetados en 504 cajas— fueron llevados a través de los caminos reales, el río Magdalena, cruzando el Atlántico hasta el actual Jardín Botánico de Madrid, donde muchos esperan, aún después de 200 años, ser redescubiertos.

Para terminar, la vida de un personaje tan polifacético como José Celestino Mutis necesitaría muchas páginas; ésta es una síntesis biográfica de sus momentos más importantes y de sus múltiples oficios. Acercarse a su obra y legado ha sido muy interesante. Justamente, con motivo de los 200 años del fallecimiento de quien es considerado, además de naturalista, catedrático y científico, un forjador de la cultura neogranadina, varias entidades están desarrollando una serie de actividades, que incluyen exposiciones, conferencias, lanzamiento de libros e, incluso, visitas por los lugares más representativos para Mutis y la Expedición Botánica.

## Referencias

- Díaz-Piedrahíta, Santiago (2000). *Mutis y los dos Mutis. Orígenes de la anatomía vegetal y de la sinantropología en América*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá. Colección Enrique Pérez Arbeláez, No 14.
- Fonnegu, Gabriel (2008). *Mutis y la Expedición Botánica*. El Áncora Editores, Bogotá.
- Hernández de Alba, Gonzalo (1996). *Quinos omorgos*. Biblioteca Familiar Presidencia de la República, Bogotá.
- Pérez Arbeláez, Enrique (1967). *José Celestino y la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada*. Antares, Tercer Mundo S. A., Bogotá.
- Schumacher, Hermann (2008). *Mutis: un forjador de la cultura*. Traducción de Ernesto Guhl, Ministerio de Cultura de la República de Colombia, Taurus Editores, Bogotá.
- Soto, Diana (2009). *Mutis: educador de la élite neogranadina*. Bóhos Editores, Tunja, Boyacá, Colombia.

## Sitios web



**IEDCYT**  
[www.cindoc.csic.es](http://www.cindoc.csic.es)

Este es el sitio web del Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia y Tecnología (IEDCYT, antes CINDOC), en el cual se encuentra una amplia información sobre Ciencia y Tecnología. Además de bases de datos de acceso gratuito, información sobre publicaciones recientes y tesauros, tiene una plataforma Open Access de revistas electrónicas españolas y latinoamericanas en áreas como biomedicina, física, química, ciencias de la Tierra, ciencias sociales, entre otras.



**Principia**  
<http://www.principia-malaga.com>

PRINCIPIA es un centro de ciencia interactivo que se caracteriza por favorecer la divulgación científica y tecnológica a todo el público de forma amena, sin perder rigor en sus contenidos. Es interactivo porque existe una manipulación de los objetos que invita a pensar, reflexionar y experimentar, motivando al visitante a conocer e investigar por sí mismo el fundamento científico de los fenómenos naturales del mundo que le rodea.

Está vinculado al mundo de la enseñanza, por lo que sus actividades poseen un marcado carácter didáctico, siendo un buen recurso para profesores y alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia.



**Eduteka**  
<http://www.eduteka.org>

Desde junio de 2001, la Fundación Gabriel Piedrahíta Uribe publica el Portal Eduteka, dirigido a la comunidad educativa colombiana y a la hispano parlante en general. Desde su inicio, Eduteka ha pretendido convertirse en el eje y sitio de reunión de la "red de práctica", tanto de educadores y directivos escolares como de formadores de maestros. Los primeros, interesados en lograr la competencia informática (TIC) de sus estudiantes y en enriquecer con éstas los ambientes de aprendizaje en sus instituciones. Y los segundos, los capacitadores, en conseguir que los docentes en formación adquirieran, para beneficio de sus futuros estudiantes, las habilidades que demanda la educación en el siglo XXI. Con ese propósito ofrece gratuitamente, con la única limitación de la capacidad de acceso del visitante, gran variedad de recursos y formas de interacción, acompañados por investigaciones y estudios actualizados nacionales e internacionales.



ASOCIACIÓN COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

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

**Revista Innovación  
y Ciencia**  
*Un paso adelante en Ciencia y Tecnología*

**Cupón de suscripción**

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

AÑO  
 NOMBRE  
 DIRECCIÓN  
 TELÉFONO     FAX     CELULAR     CC. O N.º  
 CIUDAD     CORREO ELECTRÓNICO  
 PROFESIÓN     ESPECIALIDAD  
 FORMA DE PAGO    EFECTIVO     TARJETA DE CRÉDITO N.º     ACEPTO RENOVACIÓN AUTOMÁTICA: SÍ  NO   
 DINERO     VISA     MASTER CARD     AMERICAN EXPRESS   
 VENCE     CUOTAS     NÚMERO DE SEGURIDAD   
 CHEQUE     CHEQUE N.º     BANCO

Consignación a nombre de: «Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia» c/c:  
 Banco de Occidente, cuenta de ahorros N.º 2688024-5 • Banco Agrario, cuenta de ahorros  
 N.º 0230-002930-5 • Banco Popular, cuenta corriente N.º 960-207196.  
 Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax: 2216950 y 2219953 o por correo a la  
 sede de ACAC en Bogotá: Calle 44 N.º 45-67 Unidad Camilo Torres • Bloque C • Módulo 3  
 innovacionciencia@acac.org.co  
 Bogotá, Colombia • Más 95.000, costo de envío fuera de Bogotá

FIRMA



ASOCIACIÓN COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

19/25  
DE OCTUBRE  
2009



**XI EXPOSICIÓN  
EXPOTECNOLOGÍA**  
2009 AÑO INTERNACIONAL DE LA ASTRONOMÍA

**BOGOTÁ - COLOMBIA  
CORFERIAS**

CONTACTO  
221 9953 | 221 4631 | 3150728  
315 4009 | 315 5900 | 3150742  
actividadescientificas@acac.org.co  
mercado@acac.org.co  
Calle 44 N.º 45 - 67  
Edificio Caello Torres  
Bloque C, Módulo 3 Bogotá  
Colombia  
acac.org.co