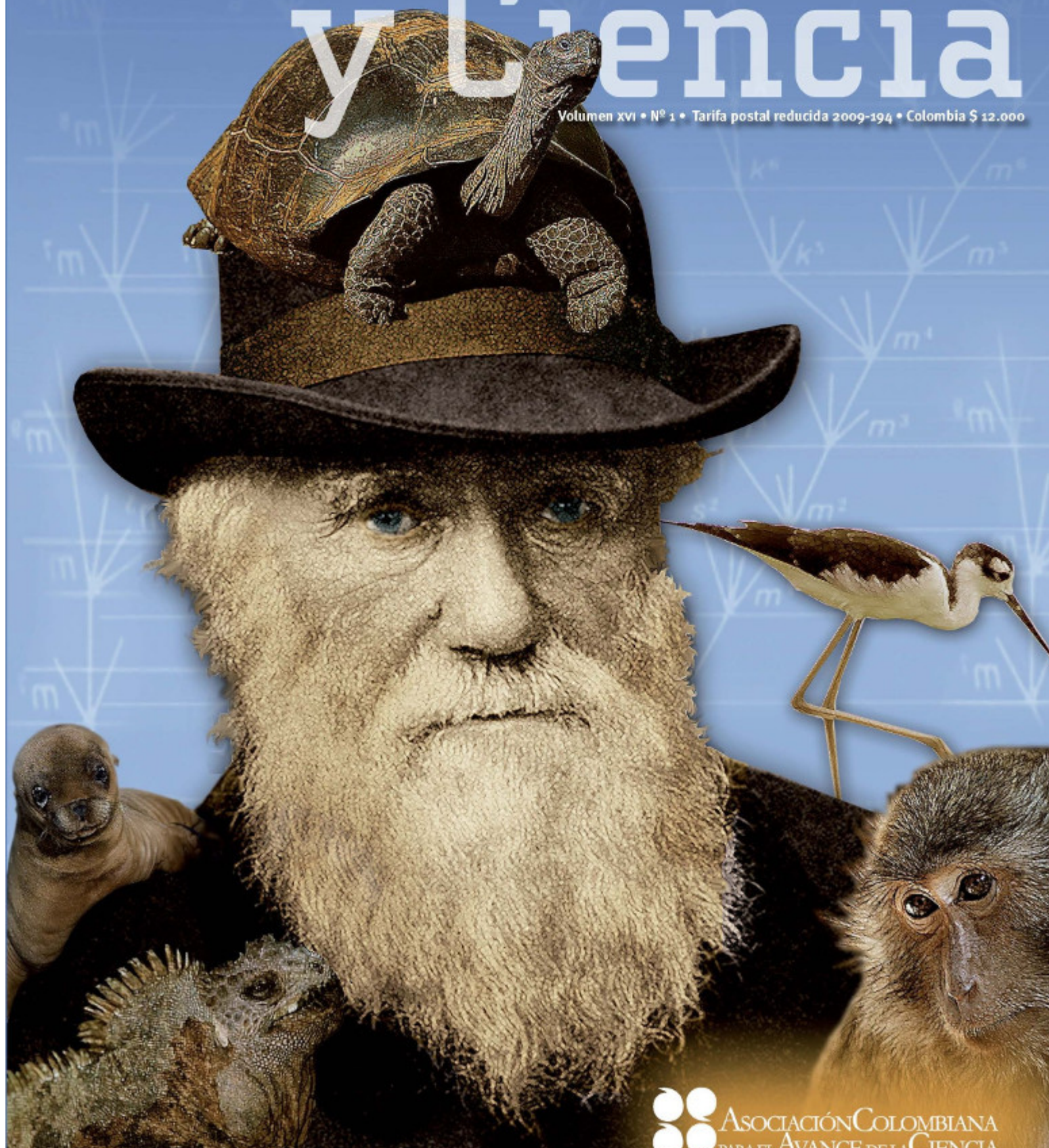




# Innovación y Ciencia

Volumen XVI • N° 1 • Tarifa postal reducida 2009-194 • Colombia \$ 12.000



ASOCIACIÓN COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA



[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 XVI Nº 1

**PUBLICACIÓN DE:**

Asociación Colombiana para el Avance  
de la Ciencia ACAC

**JEFE DIRECTIVO ACAC:**

Eduardo Posada Pérez

Rafael Jara O.

Rodrigo Ariza A.

Guillermo Hoyos V.

Carlos Camacho P.

Marcos Rivera R.

Elena Stankovska

Horacio Torres S.

Helena Groot

Centro Internacional de Entrenamiento e

Investigaciones Médicas - CIDIEM

Academia Colombiana de Ciencias Exactas,

Físicas y Naturales - Acofyn

Centro Interactivo Matika

**PRESIDENTE:**

Eduardo Posada P.

**DIRECTORA EJECUTIVA:**

Carmen Helena Carrasal López

**COORDINADORA EDITORIAL:**

German Cubillos Alamo

**ASISTENTE EDITORIAL:**

María Constanza Suárez S.

**COMITÉ EDITORIAL:**

Eduardo Posada P.

Carmen Helena Carrasal

Carlos Camacho P.

Guillermo Hoyos

Andrés Pérez

Horacio Torres S.

Elizabeth Castañeda

Marcos Rivera

**CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL:**

Ulrich Lindemann

Isabel Lleras

Roberto Linares

**PRODUCCIÓN, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:**

Susana Carré M.

**COMISIÓN DE ESTILO:**

Gabriela de la Parra M.

**IMPRESIÓN:**

Álvaro Cortés Bruschi

Azonas y Banco de Imágenes

**DISTRIBUCIÓN:**

Normas Informes

**COMERCIALIZACIÓN:**

Departamento de Mercados de ACAC

**DISTRIBUCIÓN:**

Distribuidoras Unidas



**CARÁTULA:**  
Damen y sus amigos • Susana Carré

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

**DERECHOS RESERVADOS**

Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización expresa del  
Comité Editorial. La publicación no es responsable legal del contenido de  
la publicidad de cada edición.  
Los conceptos expresados en los artículos no reflejan necesariamente la  
opinión de los editores.

Resolución Ministerio de Gobierno No. 5447 del 9 de octubre de 1992  
ISSN 0333-5140

Tarifa postal reducida No. Nº 2009-194 4-72 La Red Postal de Colombia,  
vence 31 de diciembre de 2009

ACAC Calle 44 Nº 45-67, Unidad Camilo Torres Bloque C, Módulo 3  
Teléfonos: 3150734 - 3155900  
Fax: 2216930  
Email: [innovacionyciencia@acac.org.co](mailto:innovacionyciencia@acac.org.co)  
Bogotá, D.C. - Colombia

Precio de venta al público: \$32.000  
Suscripción (6 números al año): \$45.000 para Bogotá,  
\$50.000 fuera de Bogotá

# Sumario

Innovación y Ciencia • Volumen XVI • Nº 1 • 2009

## ■ Editorial ← → 6

## ■ Vistazos ← → 8

AUTORES: FEDERICO ROJAS, SAULO GÓMEZ.  
INGENIEROS MECÁNICOS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.  
INTEGRANTES DE GIPCUN.

Cohetería hidráulica... una forma de desarrollar conocimiento



## ■ Notas breves ← → 12

LUISA DÍAZ DURÁN

Cultivos biotecnológicos imparables:  
crecen un 9,4% en 2008



## ■ Divulgación de la ciencia ← → 17

GERMÁN CUBILLOS ALONSO

Conmemoraciones 2009



## ■ Lenguaje y sociedad ← → 25

BLANCA YANETH GONZÁLEZ PINZÓN

Escuela, escritura y ciudadanía en la configuración  
de un sujeto político y social



## ■ Evolución ← → 33

GERMÁN AMAT-GARCÍA

Los significados de la adaptación biológica



## ■ Ver para conocer, conocer para preservar ← → 40

ÁLVARO CORTEZ BRUSCHI

Licopodio. Parque Natural Sierra Nevada del Cocuy



## ■ Investigación ← → 41

LUIS FERNANDO CADAVID

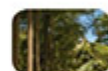
Cambio climático y enfermedades en corales



## ■ Agronomía ← → 47

MARCO HELI FRANCO VALENCIA

Manejo Integrado de Sistemas Agroforestales (MISAF)



## ■ Historia de la ciencia ← → 55

FERNANDO FERNÁNDEZ

Mutis y las hormigas



## ■ Novedades editoriales ← → 66

RESEÑA: LUIS BERNARDO PEÑA BORRERO

Alfonso Borrero Cabal S.J. *La Universidad:  
estudios sobre sus orígenes, dinámica y tendencias,*  
Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana, 2008.

## ■ Sitios web ← → 70

## La ciencia y la crisis

En las últimas semanas, la comunidad académica norteamericana ha recibido magníficas noticias en lo que se refiere al apoyo gubernamental a la ciencia y la tecnología.

En efecto, el presidente Barack Obama ha manifestado su apoyo al tema de muy diversas maneras: por medio del nombramiento de Steven Chu, premio Nobel de física, como secretario de energía; del levantamiento del veto a la investigación con células madre establecido por el anterior Gobierno; y mediante sus múltiples declaraciones relativas a la necesidad de tomar medidas urgentes para limitar los efectos del calentamiento global.

El nombramiento de Chu, en particular, ha sido recibido con gran entusiasmo por el sector académico a raíz no sólo de su reconocimiento científico, sino a causa de su clara posición respecto al cambio climático y la importancia de impulsar el uso de energías alternativas.

Esa actitud se ha traducido no sólo en declaraciones de principios, sino en un sensible incremento de la financiación para proyectos de investigación. Lo más destacable de este punto es la importancia que dentro de ese marco se le está dando a la ciencia básica, con la certeza de que los grandes desarrollos tecnológicos han resultado finalmente de los avances científicos.

Resulta particularmente interesante ver que, a pesar de la difícil situación económica por la que atraviesa Estados Unidos, su Gobierno está apoyando de manera decidida la generación de conocimiento como un elemento esencial para contribuir a la solución de la crisis coyuntural actual, y de la crisis —infinitamente más grave— que se avecina si no se toman medidas en relación con el futuro del planeta.

La actitud del presidente Obama contrasta con la opinión de los economistas ortodoxos, especialmente en los países en desarrollo, que consideran que el apoyo a la ciencia es un lujo y que, en momentos de crisis económica, los rubros destinados para ese fin son los primeros que se pueden recortar. Así ocurrió en Colombia durante la crisis de finales de la década pasada, cuando el presupuesto de Colciencias sufrió un recorte del 20% de una vigencia a otra.

Esperamos que, en esta oportunidad, nuestro Gobierno tenga la lucidez de ver que la única manera de afrontar las crisis y de garantizar al país un crecimiento sostenible a largo plazo, es reforzando su capacidad de producir conocimiento innovador y generando soluciones originales a sus problemas.

En diciembre pasado, el Congreso de la República aprobó definitivamente el proyecto de ley de ciencia y tecnología que fue sancionado por el presidente de la República el 23 de enero, y entró en vigor con el número 1286 de 2009. Estamos seguros de que esta ley se convertirá en el instrumento para que la ciencia y la tecnología se conviertan en los verdaderos motores de nuestro desarrollo.

**EDUARDO POSADA FLÓREZ**  
Presidente  
**CARMEN HELENA CARRIVAL LÓPEZ**  
Directora Ejecutiva



# Innovación y Ciencia

## TEMAS

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

## LINGUAJE

• Claro, ágil y de fácil comprensión para el lector no especializado. Es importante que el título sea atractivo además de significativo.

• Los términos técnicos deben ir seguidos de una definición sencilla entre paréntesis o entre comas; ejemplo: "... en general se registra taquipnea (respiración rápida), cianosis (coloración azulosa de mucosas y partes más claras de piel)..."

• Cuando se incluyan siglas o símbolos, la primera mención debe decodificarse; ejemplo: "En medicina humana se ha acuñado la expresión síndrome de dificultad respiratoria del adulto (SDRA)".

• Sólo deben usarse abreviaturas y expresiones matemáticas en casos estrictamente necesarios.

## EXTENSIÓN

Máximo 10 páginas tamaño carta en letra Arial 12, a cople 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 ppi) 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 Neurokinin, *Science* 237, 1987: 9047-9051.

2. Artículo de libro:  
Dry, R. A. (1990), *Cómo escribir y publicar trabajos científicos*, Washington, Organización Panamericana de la Salud.

## RESUMEN

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

## IDENTIFICACIÓN DEL AUTOR

- Nombre
- Título
- 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: 3105950 • 3105953 • Tels: 3105898 • 3107734  
innovacionyciencia@acac.org.co  
Bogotá, DC, Colombia



## Vistazos



Preparación de un cohete de agua para su participación en las olimpiadas.

### Cohetería hidráulica... una forma de desarrollar conocimiento

FEDERICO ROJAS  
ROJASFED@UNAL.EDU.CO  
SAULO GÓMEZ  
GOMEZSA@UNAL.EDU.CO  
INGENIEROS MECÁNICOS,  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
INTEGRANTES DE GPCUN  
COHETERIA\_UNAL@FRANCOS.COM  
ASESORA DE TEXTO:  
LILISA ALJANDRA ROJAS

#### Resumen

Las Primeras Olimpiadas Digitales de Cohetería Hidráulica reúnen a jóvenes de diferentes colegios y a tres grupos universitarios en el estado de la Universidad Nacional. Además de constituir una valiosa herramienta pedagógica y de divulgación científica, en la actualidad los cohetes de agua tienen aplicaciones prácticas de alto valor agregado para la sociedad, sobre todo

en el ámbito rural. El proceso de adopción de tecnologías en propulsión, cohetería y astronáutica en Colombia apenas comienza y estas olimpiadas son sólo el preámbulo.

#### Un buen comienzo

Gracias a la realización de las Primeras Olimpiadas Digitales de Cohetería Hidráulica organizadas por Maleka, el Planetario Digital y el Grupo de Investigación en Propulsión y Astronáutica de la Universidad Nacional de Colombia (Gipcur), el 8 de noviembre pasado no fue un día cotidiano para cerca de 150 niños de diversos colegios públicos y privados de Bogotá que se congregaron en el estadio Alfonso López Pumarejo de la Universidad Nacional de Colombia. En el evento también se llevaron a cabo la Comisión Colombiana de Cohetería (C3) y el grupo

© Alfonso López Pumarejo expone la primera cámara libre de la universidad hace 80 años y en su honor el estadio recibe su nombre. Para más información, véase <http://www.cartuchocombiana.unal.edu.co/edicionen/ya/ta/ta/ta.html>

Facultad de Geociencias, también de la Universidad Nacional. Las olimpiadas sin duda constituyen un gran preámbulo de lo que será 2009 como el Año Internacional de la Astronomía.

Los jóvenes participantes comprobaron que es posible realizar sus sueños, pues observaron cómo los cohetes contruidos e impulsados por sus propias manos, con botellas de plástico cargadas de agua, se elevaban a más de 100 metros del suelo en una demostración práctica de la tercera Ley de Newton. Esta ley —descubierta hace aproximadamente 300 años y muy pocas veces explicada por fuera de un pizarrón— engendra el único dispositivo construido por el hombre capaz de propulsarse en el vacío absoluto: el cohete. Un artefacto que le ha permitido al hombre remontar el horizonte visible y embarcarse en uno de los proyectos tecnológicos más ambiciosos de todos los tiempos: la exploración espacial.

#### El interior del ingenio...

Para comprender en qué consiste un cohete, considere un recipiente cilíndrico, completamente cerrado, con un fluido interno cuya presión es mayor a la del ambiente que la rodea. Si se hace un agujero en uno de los extremos del cilindro, la diferencia de presiones ocasiona la expulsión del fluido del recipiente, desencadenando el efecto descrito de la siguiente manera por Serway:

...cuando un cohete se mueve en el espacio libre, su momento lineal cambia cuando parte de su masa se libera en forma de gases expulsados. Puesto que dichos gases adquieren cierto momento, el cohete recibe un momento de compensación en la dirección opuesta. Por consiguiente, el cohete se acelera como resultado del empuje, o impulso, de los gases de escape. En el espacio libre, el centro de masa del

sistema se mueve de manera uniforme, independiente del sistema de propulsión. Es interesante advertir que el cohete y el cañón representan el caso de un choque inelástico; es decir, se conserva el momento, pero la energía cinética del sistema aumenta, a expensas de la energía interna (Serway, 2002).

De este modo un cohete, entre muchas otras virtudes, resulta ser un motor simple y eficiente, ya que de manera directa convierte en energía cinética la energía almacenada en una cámara presurizada. Sin transformaciones mecánicas intermedias, como sucede con los motores de combustión convencionales, el dispositivo cohete es capaz de movimiento con una carga útil, aun en ausencia de una atmósfera, y sigue constituyéndose, hasta nuestros días, en el único mecanismo conocido y desarrollado por el hombre para desplazarse en el vacío interestelar.

El cohete que llevó la huella del hombre a la Luna tiene mucho en común con los elaborados por la juventud bogotana en la mañana de ese sábado; en los dos casos, el movimiento se puede describir con la misma ley que se enseña en la educación básica. Courtlandt Camby (1966) lo define así: "...un tubo que encierra una de las leyes fundamentales de la física; la de Sir Isaac Newton: 'a cada acción se opone una reacción equivalente y en sentido opuesto'". Y previamente comenta:

El cohete ha sido considerado siempre como un ingenio más bien menudito, idealmente simple en su principio, pero dotado de propiedades extrañas y de difícil explicación [...]. Hoy, por el contrario, tiene más que justificada su singular reputación al convertirse en el único tipo de motor capaz de propulsarse a través de los espacios cósmicos. La propulsión



Útiles para el lanzamiento. Cohetes hechos por niños colombianos sobre plataformas suministradas por JAXA, a través de la cooperación Maleka.



Demostración de la plataforma experimental de cohetes hidráulicos. Red Gipcun.

se ejerce en el interior del ingenio, y cuanto mayor es la velocidad de los gases expulsados más considerable es la propulsión (Carnby, 1966). Como se ve, a la luz de las definiciones aquí mencionadas, el principio del movimiento del cohete es independiente de la fuente de energía que lo alimenta, puede ser una bomba manual de bicicleta presurizando el agua en la botella plástica, o la combustión entre oxígeno e hidrógeno líquido que impulsa los cohetes que elevan al transbordador Discovery en sus misiones espaciales.

#### Un mensaje desde Oriente

Durante estas olimpiadas, los participantes obtuvieron excelentes resultados

usando una fuente de potencia a la escala de su alcance corporal (bomba de aire). La competencia se ajustó plenamente a los parámetros del protocolo Internacional suministrados por el Organismo Aeroespacial de Japón (JAXA).

La historia de cohetes como estos se remonta a la década de los años sesenta, cuando Japón importó de Alemania y Estados Unidos los cohetes de agua como juguetes, y posteriormente los implementó como herramientas pedagógicas y de investigación. Este hecho se atribuye a los señores Hayashi y Ueda, maestros de secundaria en la Prefectura Aichi, quienes inventaron diversos tipos de cohetes de agua con botellas de Poli Étileno Tereftalato (PET), como cohetes de

dos etapas y cohetes agrupados (cluster), que combinaban hasta 25 botellas de PET.

Posteriormente otros grupos adoptaron esta herramienta como parte de sus actividades, entre ellos el Club de Jóvenes Astronautas del Japón, en 1994. Hoy en día se llevan a cabo numerosos concursos en diferentes lugares del mundo, entre ellos el Water Rocket Challenge, iniciado en Inglaterra en 2001. Luego, en 2005, se generó una iniciativa internacional promoviendo los cohetes de agua destinados a jóvenes de Asia y el Pacífico (JAXA, 2008).

Otra referencia que aporta el desarrollo japonés —en cuanto a los usos prácticos de los cohetes que emplean agua presurizada para su propulsión— es la aplicación del tendido de cables entre montañas, pues la instalación de un cable entre dos puntos distantes en aproximadamente 2 kilómetros se redujo de un día a una hora, lo cual resulta ser una implementación viable para geografías accidentadas, como la colombiana. De esta manera se aprovecharían óptimamente los recursos humanos y materiales disponibles en la actualidad, lo que favorece un servicio tan importante como la instalación y el mantenimiento de la conexión eléctrica en zonas rurales no interconectadas.

#### Avances colombianos

En los últimos años se han consolidado diferentes grupos de trabajo en el tema, que se suman a la gran cantidad de profesionales que se encuentran cursando estudios e incluso haciendo parte de proyectos aeroespaciales en Estados Unidos y Europa, lo que evidencia la necesidad de un espacio formal para el desarrollo del estudio de la propulsión, la cohetaría y la astronáutica en el ámbito nacional.

Así mismo, en el país se han desarrollado numerosos trabajos teóricos en dinámica de gases al interior de motores cohete que incluyen procesos de combustión sólida y líquida (Duque, C., 1999;



Resuperación extensa de un cohete de agua. Red Gipcun.

Achury, J., 2009; Gómez, S., 2005 y Rincón, C., 2009).

De esta manera, la cohetaría ha ofrecido un campo de investigación en cuanto a resistencia de materiales y dinámica de fluidos, ya que debido a la presencia de temperaturas y presiones altas, para lograr una propulsión óptima es necesario: 1. materiales que soporten las exigentes condiciones de operación, y 2. ensamblajes que minimicen las pérdidas de fluido por fugas. Estos estudios seguramente traerán nuevos desarrollos y tecnologías que impacten otras actividades productivas del país.

Los avances hasta ahora realizados se complementarían con la colaboración experimental, la cual evaluaría la precisión y la exactitud de los resultados obtenidos por los modelos, abriendo espacios de aplicación de conocimiento en mecánica, sistemas de monitoreo, diseño y desarrollo experimental, aerodinámica y telecomunicaciones, por mencionar sólo

algunos cuyo aporte sería, sin duda, muy significativo.

Hablar de un proyecto de exploración espacial con cohetes colombianos es, a primera vista, una lejana ilusión. Por ello, antes de alcanzar esta meta, se hace necesario afianzar escalones técnicos y de aplicación acordes con las condiciones, la realidad y las necesidades del país —lo que no puede constituir una imitación de los alcances y las posibilidades, sino más bien estaciones necesarias en el tránsito hacia fines más ambiciosos—. Así, las Primeras Olimpiadas de Cohetería Hidráulica constituyen un primer paso en la búsqueda de objetivos que la propulsión, la cohetaría y la astronáutica ofrecen a países en vías de desarrollo.

Ninguna otra frase puede describir tan bien lo logrado en este evento como la cantada por las fervorosas barras de niños de uno de los colegios que ocupaban esa mañana las tribunas del Alfonso López:

"¡Ganamos, perdimos, igual nos divertimos!", el ganador... la divulgación de la ciencia, gracias a una aplicación sencilla y divertida que los miembros de Gipcun, al igual que otros grupos, estudian detenidamente con la mayor de las pasiones.

Achury, J. (2009). Mejoramiento por CFD aplicado a un microcohetes. Bogotá, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia.

Carnby, C. (1966). Historia de los cohetes. Madrid, Continente.

Boban, C. (2009). Dinámica de gases en un pequeño motor cohete, modelación por CFD. Bogotá, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia.

Gómez, S. (2005). Aspectos de dinámica de fluidos aplicados a un microcohetes. Bogotá, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia.

JAXA. (2008). Cohetes de agua. Manual del educador. Sagami-cho, Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón, Educación Espacial.

Rincón, C. (2009). Caracterización y experimentación de un microcohetes. Bogotá, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia.

Serway, R., Gencal. Física para ciencias e ingeniería. México, Mcgraw-Hill.



## Cultivos biotecnológicos imparables: crecen un 9,4% en 2008

LUISA DÍAZ DURÁN

AGRO - BIO  
COMUNICACIONES

comunicaciones@agrobio.org

**M**ediante una videoconferencia internacional, se llevó a cabo el lanzamiento mundial de los datos sobre el avance de los cultivos biotecnológicos en el año 2008. El doctor Clive James, presidente y fundador del Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agro biotecnológicas (ISAAR por sus siglas en inglés)—encargado de registrar anualmente las tendencias y avances de los cultivos Genéticamente Modificados (GM)—, presentó estos nuevos datos, bastante alentadores sobre el futuro de la biotecnología agrícola.

El reporte Situación mundial de la comercialización de cultivos biotecnológicos y transgénicos en 2008 señala que el área cultivada globalmente con variedades biotecnológicas pasó de 114,3 millones de hectáreas en 2007 a 122 millones de hectáreas en 2008, aumentando así un 9,4%. Además, destaca que de los 15 mil millones de hectáreas de tierra cultivable en el mundo, el año pasado el 8% fue sembrado con cultivos genéticamente modificados.

Entre los aspectos más importantes del reporte se destacan los siguientes:

### ¿Qué pasó con los cultivos GM en el año 2008?

#### Nuevos países se unen a la lista

El año 2008 dio la bienvenida a Egipto y Burkina Faso, países africanos que por primera vez abrieron sus puertas a la biotecnología agrícola. África es considerada la "última frontera" de los cultivos biotecnológicos, pues es el continente con mayor necesidad de esta tecnología y el que mayores beneficios podría obtener.

En el transcurso del año pasado, Egipto cultivó 700 hectáreas de maíz Bt (*Bacillus thuringiensis*) y Burkina Faso 8.500 hectáreas de algodón Bt. De esta manera, se unen a Sudáfrica, que desde 1998 se ha beneficiado de la biotecnología en cultivos de algodón, maíz y soya principalmente.

Por su parte, en América Latina, Bolivia se convirtió en el noveno país en adoptar la biotecnología sembrando 600.000 hectáreas de soya tolerante a herbicidas. Esto le permitió obtener los beneficios que durante años habían experimentado sus vecinos Brasil y Paraguay.

#### Nuevo cultivo GM!

Se trata de la remolacha azucarera tolerante a herbicidas. Esta nueva variedad GM se plantó por primera vez en Estados Unidos y Canadá. La tasa de adopción, por parte de los agricultores el año pasado, fue la más alta que se ha reportado en los trece años de adopción de la biotecnología agrícola a nivel mundial, pues aproximadamente 258.000 mil hectáreas —el 50% del cultivo total estadounidense— fueron sembradas con esta variedad GM, lo que es una clara muestra de la preferencia y la confianza de los agricultores por la biotecnología.

#### Nuevas adopciones!

Brasil y Australia adoptaron nuevos cultivos GM, previamente aprobados en otros países. Brasil, el tercer productor mundial de maíz, sembró 1,3 millones de hectáreas de maíz Bt, mientras que Australia cultivó una variedad GM de canola tolerante a herbicidas por primera vez.

#### Mayor visión y voluntad política

En el año 2008, los líderes del G8 reconocieron por primera vez la importancia de los cultivos GM e hicieron un llamado a acelerar la investigación, el desarrollo y el acceso a nuevas tecnologías agrícolas para aumentar la producción agrícola. La Unión Europea (UE) también reconoció el aporte de los cultivos biotecnológicos y afirmó que "pueden desempeñar un papel importante en la mitigación de los efectos de la crisis alimentaria". En China el Primer Ministro, Wen Jiabao, afirmó que "para resolver el problema alimentario tenemos que contar con grandes medidas en ciencia y tecnología, contar con la biotecnología y con los Organismos Genéticamente Modificados (OGM)". Como resultado, China asignó 3,5 millones de dólares adicionales para investigación y desarrollo de este campo durante los próximos doce años.

### La Unión Europea aumenta su área de siembra

Aunque Francia no plantó variedades biotecnológicas en 2008, los otros siete países de la Unión Europea aumentaron su área cultivada en un 21%, llegando a un total de más de 100 mil hectáreas. Este hito fue alcanzado por primera vez en 2007. Los siete países de la UE con mayor área de cultivo de maíz Bt fueron: España, República Checa, Rumania, Portugal, Alemania, Polonia y Eslovaquia.

### Nuevos agricultores biotecnológicos

El número de agricultores biotecnológicos aumentó en 1,3 millones, hasta alcanzar la cifra de 13,9 millones en 25 países de todo el mundo. Cabe destacar que el 90% (12,3 millones) eran agricultores pequeños y de escasos recursos de países en desarrollo.

### Nuevas tecnologías

Los eventos apilados son una característica de creciente importancia en los cultivos biotecnológicos. Diez países plantaron unos 27 millones de hectáreas de eventos apilados en el año 2008 y este crecimiento, cifrado en un 21%, ha sido más rápido que el de los eventos simples.

### Países en desarrollo siguen siendo los líderes

Los cinco principales países en desarrollo (China, India, Argentina, Brasil y Sudáfrica) son líderes del sector de cultivos biotecnológicos e impulsan su adopción en todo el mundo; las ventajas de la biotecnología están movilizándose voluntades políticas e importantes inversiones en esta tecnología en varios de estos países.

### 55 países aprueban la biotecnología

Veintidós países han aprobado la plantación de cultivos biotecnológicos, y otros treinta países han aprobado la importación de productos biotecnológicos con fines alimentarios y forrajeros.

### Aumenta el valor global del mercado de GM

El valor global del mercado agro-biotecnológico ascendió a 7.500 millones de dólares en 2008, alcanzándose el hito histórico de 50 mil millones de dólares de valor acumulado desde 1996.

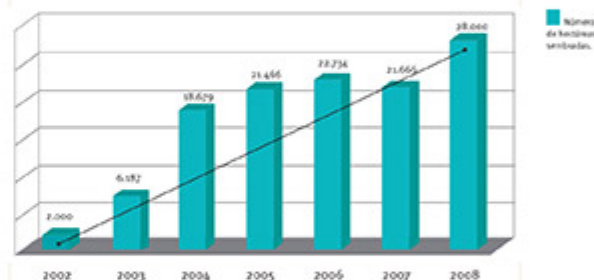
## Colombia y su avance en cultivos GM durante el año 2008 Algodón genéticamente modificado

Los variedades biotecnológicas que permiten más de una característica en la misma planta se denominan variedades de eventos apilados o *stacked traits*, por ejemplo, el maíz tolerante a herbicidas y resistente a insectos. Por otra parte, las variedades de eventos simples se refieren a aquellas plantas que sólo cuentan con una característica, por ejemplo, el algodón resistente a herbicidas.



- Colombia cultivó 28.000 hectáreas de algodón biotecnológico en 2008.
- El crecimiento en la adopción de este cultivo GM fue del 27% con respecto al año 2007, cuando se sembraron 22.000 hectáreas.
- Hubo un aumento significativo en la siembra de variedades con genes apilados. De las 28.000 hectáreas sembradas es muy importante destacar que el 85% (equivalente a 24.000 hectáreas) fueron eventos combinados (*stacked traits*) de Bt y tolerancia a herbicidas. Este es un dato muy relevante si se compara con el año 2007, donde sólo el 2% del cultivo total de variedades GM fueron eventos combinados.
- Distribución de los cultivos: en 2008 se sembraron 4.000 hectáreas de Bt y menos de 1.000 hectáreas de variedades tolerantes a herbicidas. El algodón se siembra en dos temporadas: 8.000 hectáreas fueron plantadas en la primera temporada del año, y 20.000 hectáreas en la segunda temporada.

## Adopción del algodón GM en Colombia



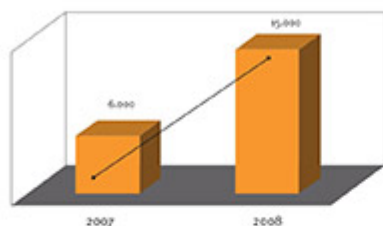
A partir del año 2002, Colombia inició siembras de algodón Bt con aproximadamente 2.000 hectáreas. Desde ese año y hasta 2008, la adopción de este cultivo GM ha crecido significativamente hasta llegar a 28.000 hectáreas en 2008.

## Maíz genéticamente modificado

- El maíz GM se siembra en Colombia, desde 2002, bajo el esquema de "siembras controladas" y aún no está aprobado para comercialización.
- En el año 2008 se sembró maíz GM en la Costa Caribe colombiana, en los Llanos Orientales y en el interior del país, para un total de 15.000 hectáreas, a comparación de 2007, año en el que se sembraron 6.000 hectáreas.
- Distribución de los cultivos: la primera temporada contó con 7.000 hectáreas sembradas y la segunda con 8.000.
- Colombia tiene, aproximadamente, 600.000 hectáreas de maíz las cuales tienen un importante potencial para aplicar la biotecnología.

#### Adopción del maíz GM en Colombia

Número de hectáreas sembradas.



#### Clavel genéticamente modificado

En el año 2000, con la aprobación del clavel azul, Colombia ingresó a la lista de los países que utilizan cultivos GM. Desde esta fecha, y hasta 2008, se ha mantenido en cuatro (4) el número de hectáreas sembradas en invernadero para exportación.



#### Beneficios económicos de la aplicación de la biotecnología agrícola

Se estima que Colombia, entre el año 2002 y el año 2007, logró un aumento de los ingresos agrícolas gracias al algodón GM en 11 millones de dólares, y los beneficios sólo para 2007 se estiman en 3 millones de dólares (Brookes y Baffert, 2009, próxima publicación citado en el reporte ISAAA).

# CONMEMORACIONES 2009

GERMÁN CUBILLOS ALONSO  
COORDINADOR EDITORIAL DE INNOVACIÓN Y CIENCIA  
gercubillos@hotmail.com

La divulgación de la ciencia —pensada con el objetivo de que sectores más amplios que los de las comunidades científicas se puedan apropiarse de los saberes que los científicos producen para comprender mejor el mundo y actuar en él de manera más consciente— es una tarea que implica múltiples formas y métodos para conseguir cierto nivel de éxito. Las conmemoraciones científicas están entre estas formas de acercar a la gente a la ciencia, pues en ellas se hace memoria, se recuerda un acontecimiento como la publicación de un libro, el nacimiento o la muerte de un investigador, la realización de un experimento crucial, o el surgimiento de una nueva teoría, pretendiendo ampliar con estos elementos la cultura científica de los individuos y de la población en general.

El año 2009 tiene una especial relevancia en cuanto a conmemoraciones puesto que, por un lado, ha sido declarado el Año Internacional de la Astronomía por las Naciones Unidas, definición que ha tomado como referente el hecho de que en 1609 Galileo Galilei orientara su telescopio hacia el cielo —un instrumento recién inventado por el holandés Hans Lippershey y mejorado por el mismo Galileo—, y viera con cierto detalle las características de los cuerpos celestes así como sus movimientos. Fue así como descubrió los cráteres y las montañas de la Luna, vio por primera vez la composición de la Vía Láctea y después descubrió cuatro cuerpos celestes, nunca antes vistos, que giraban alrededor de Júpiter. Esos eventos fueron el comienzo de la astronomía moderna y, también, de la destrucción de paradigmas antiguos sobre la estructura de los cielos, incluidas las esferas de cristal imaginadas por Aristóteles, en las cuales supuestamente estaban incrustados los planetas grande alrededor de la Tierra. Así mismo, fueron el inicio de la consolidación de la "teoría copernicana" como la nueva "teoría de la estructura del Sistema Solar".

**El año 2009 tiene una especial relevancia en cuanto a conmemoraciones puesto que, por un lado, ha sido declarado el Año Internacional de la Astronomía por las Naciones Unidas.**

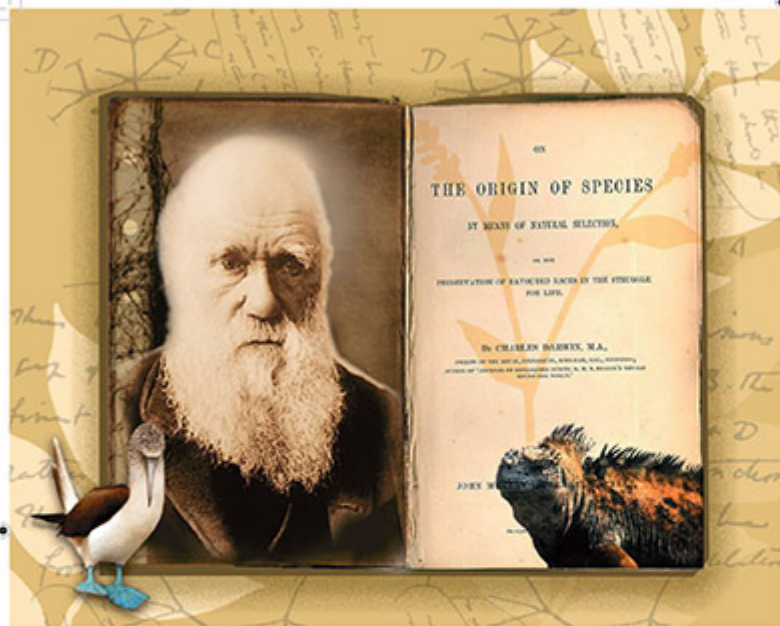
Por otro lado, este año también es motivo de una conmemoración muy significativa para las ciencias de la vida, ya que hace 200 años, el 15 de febrero de 1809, nació Charles Darwin y hace 150 años, el 24 de noviembre de 1859, se publicó su obra fundamental para la ciencia moderna y contemporánea: *El origen de las especies*. Aunque la obra había quedado estructurada desde finales de los años treinta, Darwin no quería publicarla hasta no estar seguro de la coherencia entre los hechos presentados y la teoría propuesta. Este rigor científico hubiera pospuesto, seguramente durante muchos años más, la publicación de la teoría de no haber sido por la presencia de un competidor que estaba llegando a las mismas conclusiones teóricas, Alfred Russel Wallace.

Estas dos conmemoraciones tienen algunos rasgos comunes: primero, son elementos constitutivos de revoluciones científicas que dieron paso a la ciencia moderna, y segundo, propiciaron un escándalo religioso pues ambas tocaban principios del dogma católico. En el caso de Galileo Galilei, era inaceptable para la Iglesia que el trono de San Pedro, en el que se sentaba el representante de Dios en la Tierra, no fuera el centro del universo, sino que estuviera en un vulgar cuerpo celeste que giraba alrededor del Sol. En el caso de Darwin, la cuestión era más grave pues la "teoría de la evolución" ponía en tela de juicio la verdad, consignada en las Sagradas Escrituras de que Dios había creado el mundo y todo lo que en él existía tal como se conocía y había sido desde siempre. Además, proponía la posibilidad de una transformación de lo animal no humano en humano. Desde ese momento se inició el debate que aún hoy se mantiene en algunos espacios, entre evolucionismo y creacionismo.

Galileo fue llevado a juicio por la Inquisición en 1633 y obligado a retractarse de la defensa que había hecho de la "teoría copernicana" en el libro *Diálogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*, publicado el año anterior. Se le condenó a prisión perpetua y tuvo la casa por cárcel durante sus últimos diez años de vida. Darwin no recibió un castigo tan drástico; sin embargo, fueron muy fuertes los ataques que recibió en vida, particularmente después de la publicación, en 1871, de *El origen del hombre y su teoría sólo vino a ser aceptada por una mayoría de la comunidad científica hasta los años treinta y cuarenta del siglo XX.*



Puesto que la conmemoración del Año Internacional de la Astronomía será el motivo del número especial de *Innovación y Ciencia* de septiembre, nos interesa aquí iniciar el acercamiento a la obra de Darwin y su papel en la construcción del pensamiento científico contemporáneo. En los números de julio y diciembre profundizaremos sobre este tema tan especial.



### Imagen de la naturaleza en la ciencia moderna

Durante los siglos XVII y XVIII la física se consolidó como una disciplina científica con paradigmas claramente estructurados como lo fueron, primero, la física galileana construida sobre las variables "extensión" y "movimiento" conectadas mediante relaciones matemáticas constantes y simples, y segundo, la posterior gran síntesis, la física newtoniana, la cual tenía como base las nociones de "fuerza", "masa" y "movimiento", entendido este último como el efecto de la acción de la fuerza ejercida sobre los cuerpos. Para describir e interpretar las relaciones entre los cuerpos y sus movimientos, Newton inventó el cálculo diferencial. Este complejo aparato conceptual permitió la formulación de la "ley de la gravitación universal" y, con ella, la percepción fundamental de que la ciencia podía explicar y predecir el mundo físico.

Esta consolidación de la física como disciplina fue posible gracias a un método que involucraba la formulación de hipótesis, su contrastación experimental y la integración de la matemática tanto para expresar los aspectos teóricos como para el tratamiento de los resultados experimentales.

Durante el siglo XVIII y principios del XIX ocurrió un proceso similar en la química con la formulación de la "ley de la conservación de la masa" y la "química de los elementos" de Antoine Lavoisier, y después, la "teoría atómica" de Dalton, que permitieron entender el mundo de las sustancias y proponer

átomos constitutivos de los compuestos y leyes cuantitativas de los cambios químicos, primero de las sustancias inorgánicas y luego de las denominadas sustancias orgánicas. Aunque el método en la química también fue teórico-experimental, la componente matemática distaba mucho de ser el sofisticado aparato de cálculo que había inventado Newton. El concepto de "propiedad química" tenía mucho más de cualitativo que de cuantitativo y la matemática no podía dar cuenta de la complejidad de los procesos químicos como sí lo hacía con los movimientos, fuerzas, masas y momentos relacionados con planetas, esferas y móviles. De todas maneras, estas dos disciplinas daban cuenta de la estructura y el comportamiento físico del mundo.

El siglo XIX sería el siglo de la biología, es decir, el de la disciplina que daba cuenta de los procesos vitales, del comportamiento del mundo vivo. Es válido pensar que ese "atomismo" que flotaba en el ambiente y que estaba conduciendo a una nueva química, determinara que hacia finales de los años treinta apareciera el "átomo" de los seres vivos: la célula. Con la formulación de la "teoría celular" comenzó a ser inteligible el desarrollo biológico del individuo.

No obstante, faltaba todavía una teoría que hiciera inteligible el desarrollo de las especies. La Historia Natural había mostrado la gran diversidad de los seres vivos y se habían descrito en forma detallada las características de todas las especies a las que habían tenido acceso los naturalistas; se tenía, a partir de Carlos Linneo, una manera de clasificar jerárquicamente a esos seres en reinos, filos, clases, órdenes, familias, géneros y especies, y se los podía nombrar con el sistema dualista de lo genérico y lo específico. Sin embargo, no existía ninguna explicación general aceptada de esa diversidad biológica más allá de la historia bíblica y de algunas teorías transformistas que, aceptando la variabilidad de las especies, no acertaban en dar una explicación plausible sobre esas transformaciones. Sería Darwin quien finalmente aportaría el paradigma.

Darwin, aunque no era un naturalista profesional, fue recomendado por su maestro, el botánico británico John Stevens Henslow para embarcarse como naturalista en el bergantín HMS Beagle, barco hidrográfico y de investigación que haría un viaje de dos años a la Tierra del Fuego. Al mando del capitán Robert Fitzroy, cartógrafo y meteorólogo, el barco zarpó el 27 de diciembre de 1831 y sólo regresó cinco años después. En este viaje Darwin tuvo la posibilidad de ejercitar su gusto por la naturaleza, la observación detallada de individuos y poblaciones, de recolectar muestras, elaborar notas y descripciones de interés para la construcción de una historia natural. También iba armado de libros de los autores más influyentes en la conformación de las ciencias geológicas y biológicas de aquella época como Georges Cuvier, Geoffroy de Saint Hilaire, Jean Lamarck y Charles Lyell, que le ayudaron a interpretar la extraordinaria vivencia que representó aquel viaje.

Esa intensa experiencia fue la fuente viva que lo condujo, poco tiempo después de regresar a Inglaterra, a la "teoría de la Evolución". Darwin se hacía muchas preguntas:

- ¿Las especies son cambiantes o inmutables?
- ¿Especies afines divergen de un tronco común?
- ¿Cómo influye la adaptación de los seres vivos a un entorno, sobre su permanencia como especie?
- ¿Cuál es la relación entre los animales actuales de una zona y los animales desaparecidos, de los cuales son testimonio los restos fósiles encontrados en la misma zona?
- ¿Por qué especies de animales y plantas de distintas islas Galápagos pertenecientes a distintas especies se parecen tanto? ¿Tendrán un origen común?

Las respuestas a esas preguntas se fueron configurando entre 1835 y 1838. En ese último año, después de leer el trabajo del economista Thomas Robert Malthus, *Ensayo sobre el principio de las poblaciones*, donde plantea que la población crece más rápidamente que los recursos con la consiguiente pauperización de la misma, Darwin pensó que si eso fuera cierto entre los animales, ¿cuánta de ellas, ante una escasez de recursos, sobrevivirían las que mejor se adaptaran a las condiciones, y así se podía establecer una selección producida por la misma naturaleza. En ese momento encuentra el enunciado teórico fundamental: la "evolución de las especies por selección natural".

Con la formulación de la "teoría celular" comenzó a ser inteligible el desarrollo biológico del individuo.

Estamos convencidos de que las especies no son inmutables, sino que las pertenecientes a los llamados géneros descienden en línea recta de algunas otras especies ya totalmente extinguidas, y de ahí llega mancha que las variedades reconocidas de cualquier especie son descendientes de esa especie. Incluso, no dudamos que la selección natural ha sido el más importante, sino el exclusivo, medio de modificación (Darwin, C., 2004: 19).

Expresada en forma de postulados, la teoría propone que:

1. Todos los organismos vivientes pueden remontarse a un origen único.
2. Las formas de vida no son fijas, sino que evolucionan permanentemente; unas se originan y otras desaparecen.
3. Los organismos parecidos se hallan emparentados y descienden de un antepasado común.
4. El factor determinante de este proceso de aparición y desaparición de especies es la selección natural. Los que se adaptan a nuevas condiciones por modificaciones espontáneas sobreviven, y esas modificaciones se transmiten por herencia.

El acierto de la teoría de Darwin no es solamente el concepto de "evolución de las especies", pues esta hipótesis, según el mismo Darwin, la habían propuesto por lo menos veinte investigadores antes que él; el aspecto crucial es la propuesta explicativa de que esa evolución se da dentro de un proceso de selección natural.

Ahora bien, la construcción teórica en este caso sigue un proceso que tiene poco que ver con los métodos de la física y la química que ya comentamos. No parte de la proposición de una hipótesis para contrastarla, ni es una experimentación controlada para determinar una relación entre variables, y no involucra ningún componente matemático en el cuerpo teórico. Corresponde sencillamente al arte de la observación detallada y su registro escrito o dibujado, a la construcción de archivos de muestras naturales, y a la lectura cuidadosa de las obras que aportaban algún elemento novedoso, como fue el caso de los Principios de geología de Sir Charles Lyell, quien afirmaba que la Tierra estaba cambiando permanentemente debido a las fuerzas que actuaban sobre ella durante largos períodos, hipótesis en la que Darwin creía. Podemos estar de acuerdo con Gary Stix cuando dice que:

El cofre del tesoro de la expedición resultó ser lo que hoy llamaríamos una inmensa base de datos: una colección de 363 páginas de notas de zoología y 1.383 páginas de notas de geología, un diario de 770 páginas, 1.529 especies conservadas en frascos con alcohol, 3.970 especímenes disecados y una tortuga viva capturada en las Galápagos (Stix, G., 2009: 16).

Y si algún método se puede detectar, fue uno ampliamente básculo:

1. Formar una historia natural y experimental suficiente y exacta.
2. Ordenamiento en tablas y encañamiento de hechos.
3. Obtención de leyes generales por inducción.

Probablemente, por lo menos en parte, un método como este fue el que condujo a Darwin a la "teoría de la evolución", aunque el posterior análisis cuidadoso que realizó durante algunos años, de los procesos de producción de cambios intencionales en las especies domésticas para obtener mejores especímenes y razas, pudo constituir un referente experimental de gran valor para la configuración de la versión final de la teoría.

Visto de manera muy rápida, ese fue el proceso de construcción de tres disciplinas científicas y su aporte a la construcción de una imagen del mundo físico, químico y biológico antes del siglo XX. En esa construcción fue fundamental el trabajo de Charles Darwin.

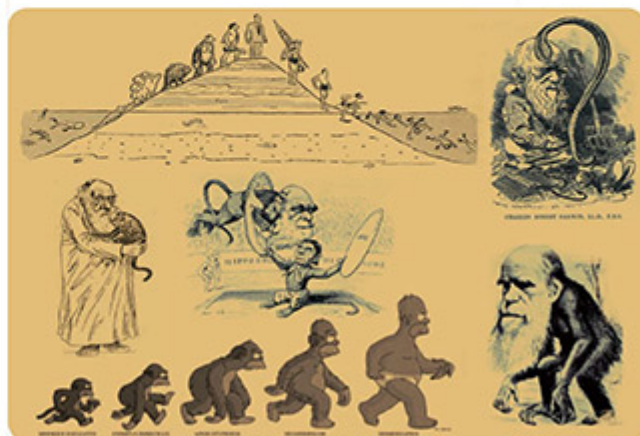
## La obra de Darwin

Bueno es decirlo, Darwin nunca tuvo que preocuparse por los aspectos terrenales de conseguir un puesto remunerado para poder vivir, ya que las condiciones económicas de su familia eran impenetrables. En el Beagle él no recibía ningún sueldo, al contrario, tenía que pagar por el derecho al viaje y por su manutención. Durante todo el viaje contó con un acompañante que le ayudaba en lo que necesitaba.

En 1842, tres años después de su matrimonio, se trasladó a una casa quinta en el pueblo de Down, en la cual disponía de invernadero, jardines y bosque donde podía continuar sus investigaciones. En este sitio era visitado permanentemente por eminentes amigos científicos y desde allí viajaba con alguna frecuencia a Londres. Aunque los libros más conocidos son *El origen de las especies* y *El origen del hombre*, su obra es mucho más amplia.

- 1845 *Diario de investigaciones*.
- 1847 *Estructura y distribución de las arvejas de comal*.
- 1846 *Observaciones geológicas en América del Sur*.
- 1851 Primer volumen de *Monografías sobre los cirrípedos*.
- 1852 Segundo volumen de *Monografías sobre los cirrípedos*.
- 1859 *Origen de las especies*.
- 1862 *Fertilización de las orquídeas*.
- 1868 *Morfoloía de animales y plantas bajo domesticación*.
- 1871 *El origen del hombre*.
- 1872 *La expresión de las emociones en el hombre y los animales*.
- 1875 *Las plantas insectívoras*.
- 1875 *Sobre las mudanzas y costumbres de las plantas trepadoras*.
- 1876 *Los efectos de la autofertilización y de la fertilización cruzada en el reino vegetal*.
- 1877 *Los diferentes formas de las flores*.
- 1879 *Vida de Erasmus Darwin*.
- 1880 *El poder del movimiento de las plantas*.
- 1881 *La formación del manto vegetal por la acción de los líquenes*.

El cofre del tesoro de la expedición resultó ser lo que hoy llamaríamos una inmensa base de datos.



En los medios de comunicación, desde el siglo XIX, y naturalmente en el Internet del siglo XXI circulan caricaturas que tienen como víctima o como tema a Darwin y el darwinismo.

## Imágenes de Darwin y el darwinismo

La obra de Darwin no solamente tuvo una inmensa repercusión en los ámbitos académicos y científicos, sino que, por la confrontación que significaba con los dogmas religiosos y las creencias populares, también fue considerada y debatida en espacios más amplios. Desde el siglo XIX ha inspirado poemas, leyendas y caricaturas como las que aquí rescatamos.

Fragmento del poema de Gaspar Núñez de Arce "Oda a Darwin" (tomado de <http://oldearth.wordpress.com/2008/02/02/oda-a-darwin/>).

### A Darwin

I  
¡Gloria al genio inmortal! Gloria  
al profundo  
Darwin, que de este mundo  
penetra el fondo y pavorece arcano!  
¡Que, removiendo el pasado incierto,  
sagar ha descubierto  
el aboleo del linaje humano.

II  
Puede el necio exclamar en su locura:  
«¡Yo soy de Dios hechura!»  
y con tan alto origen darse tono.  
¡Quién, que estime su crédito y su nombre,  
no sabe que es el hombre  
la natural transformación del mono?

III  
Con meditada calma y paso a paso,  
cual reclamaba el caso,  
llegó a tal perfección un mono viejo;  
y la vivaz materia por sí sola  
le suprimió la cola,  
le ensanchó el cráneo y le afletó el pellejo.

## Referencias

- Darwin, C. (2004). *El origen de las especies*. Buenos Aires, Longseller.
- Núñez de Arce, G. (2009). "Oda a Darwin" [en línea], disponible en <http://oldearth.wordpress.com/2008/02/02/oda-a-darwin/>, recuperado el 8 de febrero de 2009.
- Sola, G. (2009, enero). "El legado de Darwin", en *Investigación y Ciencia*, N° 388, pp. 12-17.



En la reelección... podré votar ya  
gobierno (Artículo...)  
me conviene  
se reduce  
sola for  
artículos  
70  
JUVENIL  
ALTA MARCA

# ESCUELA, ESCRITURA Y CIUDADANÍA EN LA CONFIGURACIÓN DE UN SUJETO POLÍTICO Y SOCIAL

BLANCA YANETH GONZÁLEZ PINZÓN  
MAÍSTER EN DESARROLLO  
SOCIAL Y EDUCATIVO,  
DIRECTORA DEL PROGRAMA  
DE LECTURA Y ESCRITURA  
UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA,  
DIRECTORA DEL GRUPO  
DE INVESTIGACIÓN GRAPHOS  
DE LA MISMA UNIVERSIDAD.  
[blaygon@gmail.com](mailto:blaygon@gmail.com)

y no tengo  
trabajo  
12 e la reforma

Lenguaje y sociedad

## Resumen

Las reflexiones planteadas en este artículo hacen parte de uno de los capítulos de la tesis de maestría *La escritura como dispositivo para el ejercicio de la ciudadanía*, en la que se exploraron las relaciones que establecen entre la escritura y el ejercicio de la ciudadanía decentes en formación, quienes se preparan para su licenciatura en letras. En este documento se revisa el papel que le corresponde a la escritura en la construcción de un sujeto político y social, capaz de hacer uso de sus destrezas de comunicación de manera eficaz para la defensa de sus derechos y para participar en la transformación de las sociedades.

*No es posible ser ciudadano pleno, ni participar de manera crítica y reflexiva en la transformación de las sociedades si se es excluido de la cultura escrita.*  
Emilia Ferrero

**P**aulo Freire (1997), uno de los pedagogos que mejor ha explicado la relación entre la escuela y la ciudadanía, define al ciudadano como el individuo que goza de los derechos civiles y políticos de un Estado y que, en consecuencia, ciudadano tiene que ver con dicha condición, es decir, con el uso de los derechos, y el derecho a tener deberes de ciudadano. Sabemos que la noción de ciudadanía puede ser mucho más extensa y que se complejiza de acuerdo con la perspectiva con la que se mire, pero para nuestro interés, sobre todo, para mirarla emparentada con los otros dos conceptos clave (escritura y escuela) es suficiente caracterizarla desde allí. A la escuela, por su parte, la entendemos como uno de los más importantes escenarios de socialización política del individuo, fundado sobre enunciados demostrativos de cobertura, equidad e inclusión, y que como tal supera sus propias fronteras para lanzar al individuo a un mundo externo en el que debe actuar de manera autónoma, con sentido crítico y visión progresista. De acuerdo con Ferrero (1999) proponemos la escritura como un "objeto de conocimiento y de representación" y como un instrumento necesario para la supervivencia y la actuación en el mundo que está inscrito cada vez más en la cultura de los signos y dominado por la información; no la concebimos meramente como un objeto de enseñanza.

Hechas, pues, estas aclaraciones necesarias, se puede empezar a hablar de la urgente interrelación entre ciudadanía, escuela y escritura.

Reconocemos que las personas asumen diversas maneras de ejercer su ciudadanía (manifestas, protestas, uso del voto, participación en la utilización del espacio público, exigencias en torno a sus derechos, etc.). De acuerdo con la forma en la que hayan desarrollado su socialización política, la asociación con lo jurídico, lo axiológico, lo comunitario, lo territorial, lo social, lo político, etc. Cualquiera que sea la noción o nociones que tengan de ella, dicha noción será la que les exija comportarse de determinada manera y acudir a ella cuando lo requieran.

Sin embargo, y esta es una de las principales premisas de esta reflexión, en este escenario de apropiaciones, pocas veces se le da importancia a la escritura como dispositivo esencial del ejercicio ciudadano, a pesar de que el complejo mundo social requiere sujetos alfabetizados, críticos, argumentativos y reflexivos, que se pregunten por los sucesos de su realidad, del mundo de la vida y sean capaces de agenciar plenamente sus derechos sociales, civiles, personales, públicos, culturales y económicos. Esto, evidentemente, no lo reduce a mero agente pasivo, antes bien, lo implica en importantes contribuciones. Freire hace una definición muy hermosa de lo humano en ese sentido:

El proceso de orientación de los seres humanos en el mundo no incluye la asociación de imágenes sensoriales, como sucede con los animales. Implica, por encima de todo,

Pocas veces se le da importancia a la escritura como dispositivo esencial del ejercicio ciudadano, a pesar de que el complejo mundo social requiere sujetos alfabetizados, críticos, argumentativos y reflexivos.

pensamiento-lingüístico, es decir, la posibilidad de conocer a través de la prosa, por medio de la cual el hombre transforma la realidad (1990: 63).

Según R. Delgado (2001), son tres las dimensiones constitutivas del desarrollo humano: la cultural, la personal y la social. Esta última hace referencia a la institucionalidad, entendida como definición de normas y reglas formales sobre las cuales se establece la estructura básica de la sociedad, desde la que, además, se administran y ejercen los derechos fundamentales de las y los ciudadanos. Estas reglas las encontramos en numerosos marcos normativos: en la constitución política, en decretos, leyes, disposiciones, resoluciones, proyectos educativos institucionales, reglamentos, manuales de convivencia, códigos, decálogos, etc. Esto nos ayuda a comprender la complejidad de los códigos y símbolos en los que está inmerso el ser humano. En las otras dos dimensiones, la cultural y la personal, el hombre tiene incidencia y puede ser artífice de su desarrollo, mientras que la dimensión social lo sujeta, pues es la que le impone las normas con las que se debe regir. En esta dimensión predomina el código escrito y ello obliga a los ciudadanos a contar con las habilidades necesarias para comprender e interpretar, y así mismo, para hacer uso de él cuando lo requiera para ponerse al nivel de las normas que lo rigen.

Por su parte A. Sen (1999) afirma que "las oportunidades sociales se constituyen en una de las libertades básicas dentro del enfoque del desarrollo como libertad. Son las oportunidades y capacidades para acceder a los servicios de educación y sanidad que ofrece una sociedad y que influyen en la libertad fundamental del individuo para vivir mejor". Estos servicios son importantes, según Sen, para la vida privada, para llevar una vida sana y evitar la morbilidad y muerte prematura, también para participar más eficazmente en las actividades económicas y políticas. En este mismo sentido, menciona al analfabetismo como "un importante obstáculo para participar en las actividades económicas [...] Así mismo, la imposibilidad de leer la prensa o de comunicarse por escrito con otros agentes que participan en actividades políticas, puede impedir la participación política" (1999: 82).

Basados en esto, no es difícil ver cómo en nuestras sociedades el ciudadano reflexivo, capaz de pensar por sí mismo, de manifestar sus desacuerdos, de argumentar sus puntos de vista frente a los fenómenos sociales de los cuales naturalmente hace parte, de solicitar el respeto de sus derechos y de participar, desde la proposición en el desarrollo de proyectos para su comunidad, está cada vez más impedido para serlo. Generalmente, se espera que otros hagan el ejercicio. Por ejemplo, hay quienes acuden a un especialista en leyes para hacer un derecho de petición o un reclamo cualquiera ante una institución. Un derecho de tutela, que es un documento que podría redactar cualquier persona con algunos grados de claridad y precisión, no es un texto que generalmente elaboran los afectados. Hasta una carta, un saludo, una renuncia, etc. presentan mucha dificultad, incluso para quienes cuentan con once grados de escolaridad.

En este sentido, es preciso advertir con mucho acierto que carecer de habilidades para interpretar el entorno y manifestar los desacuerdos e injusticias, por medio del lenguaje escrito, es otra forma de exclusión a la que están sometidos miles de ciudadanos. Se cree que con la alfabetización básica, es decir, contar con la posibilidad de hacer una lectura primaria del código escrito, es suficiente para interpretar la complejidad del mundo. Está claro que estar alfabetizado para seguir en el circuito escolar (Ferrero, E., 2002), no garantiza el estar alfabetizado para la vida ciudadana. Se debe estar alfabetizado para la calle, el periódico, la literatura, el trabajo, la ciudadanía, el internet, etc., es decir, para superar la





incongruencia de los fenómenos que nos rodean. El término literacy equivalente a alfabetización, dice Ferriso, "es un continuo que va de la infancia a la edad adulta y, dentro de la edad adulta, un continuo de desafíos cada vez que nos enfrentamos con un tipo de texto con el cual no hemos tenido experiencia previa" (2002: 67).

En conclusión, la alfabetización no se limita al espacio escolar, no nos alfabetizamos para ser exitosos en el circuito escolar, sino para el mundo de la vida. En lo que a la ciudadanía compete, necesitamos de sujetos alfabetizados para la democracia, y para que ello se realice efectivamente, se tiene que haber explicado en los objetivos de enseñanza de las instituciones. La escuela debe tener claro para qué alfabetiza. "La democracia plena es imposible sin niveles de alfabetización por encima del mínimo del deletreo y de la firma", realma la autora.

(Y en toda esta demanda cómo se devota el papel de la escuela?, ¿qué tanto se involucra a la escritura como un proceso y no sólo como una herramienta útil en la evaluación? En palabras

de F. Cajiao:

Aprender a escribir es el acto más humano, más igualitario y más importante en la vida de una persona y, por tanto, enseñar a escribir es el acto más generoso, siempre y cuando haya conciencia clara de que la escritura conviene al esclavo en libre, al obediente en rebelde y al dependiente en autónomo. Enseñar a escribir es caminar en la sublevación del espíritu, que se logra cuando se piensa por cuenta propia y los pensamientos pueden ser guardados como memoria concreta (2005: 35).

Esta es una idea potente para orientar hacia dónde tendría que ir caminando la escuela en pro de la construcción de estos logros.

Históricamente, la dinámica de la escuela ha descansado sobre una estructura formal de rutinas, horarios, organización de grados y contenidos, en los que predomina como pieza modular de su planteamiento la práctica de la enseñanza que, a su vez, vincula al maestro como poseedor activo del saber que allí se reproduce. (Este formato escolar cediendo ha perpetuado prácticas que establecen una barrera entre la escolaridad y la vida, haciéndolas parecer dos cosas contradictorias poco equiparables, sin nexos notables o expresos para los sujetos que allí interactúan. En palabras de J. Bruner:

Por el mero hecho de ponerlo en la escuela, se lleva al aprendizaje fuera del contexto de la acción inmediata. Esta misma estipulación convierte al aprendizaje en un acto en sí mismo, liberado de los fines inmediatos de la acción, y prepara al alumno para el razonamiento en cadena, alejado de una recompensa que necesita para formular ideas complejas (1993: 114).

A este respecto A. Víaño (2002) afirma:

Las prácticas y usos escolares de lo escrito difieren sustancialmente de las prácticas y usos sociales no escolares, ya sean llevadas a cabo en el ámbito familiar o en otros contextos. Dado que las condiciones sociales y culturales de adquisición y uso de lo escrito determinan los significados y representaciones que de la escritura se hacen quienes con ella se relacionan, una incursión fuera del ámbito escolar ayudaría a clarificar los usos de lo escrito y las relaciones articuladas en torno a dichas prácticas y usos escolares (2002: 4).

Con esto se advierte el peligro del solipsismo en el que puede caer la escuela si limita los procesos de enseñanza aprendizaje a la autología, y se olvida de que el sujeto será devuelto después a un mundo social que lo requiere en condiciones para comprender el complejo entramado de relaciones que, a su vez, desde lo político, lo social y lo cultural, le exigirán acciones acordes con dicha complejidad.

Volvamos al tema de lo comunicativo en la ciudadanía. Fernando Blázquez, por su parte, ubica la dimensión comunicativa de la ciudadanía así:

[...] el ejercicio de la ciudadanía es pura exterioridad, más que interioridad. Y en cuanto tal es una forma de comunicación, un modo de lenguaje. En la ciudadanía se comunica algo, y nos comunicamos. El ámbito de lo común —la esfera pública—, ese ámbito de las "aparencias", y de lo externo es lo que prioritariamente define la ciudadanía. Y en él hay comunicación en la misma medida que hay acción y discurso (1997: 127).

Y Ferriso (1990: 20) lo refuerza proponiendo que: "En la medida en que el lenguaje es imposible sin pensamiento, y ambos son imposibles sin la realidad a la que se refieren, la palabra humana es más que simple vocabulario; es palabra y acción".

En el capítulo V "Acción" de *La condición humana*, Hannah Arendt (1993: 199-276) establece la relación entre la acción y el discurso y los presenta como condiciones para hablar de igualdad y distinción entre los seres humanos: "El discurso y la acción revelan esta única cualidad de ser distinto. Mediante ellos, los hombres se diferencian en vez de ser meramente distintos; son los modos en que los seres humanos se presentan unos a otros, no como objetos físicos, sino que hombres" (1993: 200). "Ninguna otra realización humana requiere del discurso en la misma medida que la acción" (1993: 204). En el actuar sin discurso, el hombre sencillamente se invisibiliza, tal vez imita o "representa", pero no demuestra experiencia real. El ejercicio de escritura para sí mismo es aislamiento, o la falta de él, y estar aislado es lo mismo que carecer de capacidad para actuar.

La escuela ha permanecido arraigada a su paradigma inicial que se recibe impensadamente al cambio, donde los saberes predominantes y hegemónicos continúan siendo motivación para que la fragmentación social se conserve y se profundice. El discurso del saber hacer desde el cual se movilizan las innovaciones y transformaciones de la educación en nuestro contexto, reproduce el antiguo paradigma situado en la racionalidad instrumental que jerarquiza el saber, los contenidos y los medios con la pretensión de alcanzar una finalidad, olvidando la esencia pedagógica de la escuela en su reflexión sistemática de los procesos de construcción de sentidos, que se posibilitan gracias a las interacciones libres de los sujetos. En otras palabras:

El gran logro del aparato educativo es producir un ciudadano estándar: debe saber más o menos las mismas cosas que saben todos, aprenderlas en el mismo momento (o grado escolar), más o menos de la misma manera (método pedagógico y textos) y sus logros deben ser validados mediante evaluaciones comparativas que pretenden nivelar personas, instituciones y culturas que se certifican con títulos que equivalen a un sello de calidad homogenizada: bachiller, técnico, licenciado, doctor (Cajiao, F., 2005: 101).

Se puede decir que el carácter reflexivo de la educación se cambió por el carácter técnico y, desde entonces, ha sido más importante que el sujeto aprenda nociones como cumplimiento y obediencia que autodeterminación o libertad; el mejoramiento personal se asoció con el ascenso en la escala social, por medio del trabajo, y no con la formación integral.

En este sentido es importante pensar en currículos integrales alejados del afán por la inserción de un sujeto en el plano productivo, pues la educación pasa a tener asignada la misión de reproducir un consenso en materia de valores y normas. Se convierte en el proceso esencial que nos permite identificarnos "emocionalmente" con un conjunto de valores, actitudes, patrones de conducta y normas.

En el actuar sin discurso, el hombre sencillamente se invisibiliza, tal vez imita o "representa", pero no demuestra experiencia real.

y a partir de la cual accedemos al conocimiento de lo que es "humanamente" valioso y digno (Arendt, citada en Bárcena, 1997: 43).

John Dewey (1997: 107), por su parte, a este respecto afirma: "Un criterio democrático requiere de nosotros desarrollar las capacidades para escoger seguir nuestra propia carrera. Se viola este principio cuando se intenta adaptar de anómalo a los individuos a determinadas profesiones industriales seleccionadas...". Argumento decisivo para cuestionar el carácter impositivo de las reformas fundadas sobre el eficientismo, con el que se peca doblemente si se siguen y no se comprenden.

Sin duda, la escuela se ha preocupado porque el sujeto interiorice nociones, fundamentos y principios asociados a su identificación con la pertenencia a un territorio (identidad nacional, sentido de patria, soberanía, democracia, justicia, deber, libertad, etc.), pero a partir de un ejercicio de reflexión y no de un ejercicio crítico. Esto lleva al punto de considerar apática a aquel que cuestiona la forma como conducen su vida política y de considerar patriota, de manera liviana, a aquel que manifiesta dicho sentido mediante objetos simbólicos.

En este aspecto cabe hacer paréntesis para precisar y evitar los equívocos en los que generalmente se cae cuando de identidad y de ciudadanía se habla:

Debemos estar atentos a no confundir la identidad de un individuo con su ciudadanía, su ser (privado) con su acción (pública), la fuente de su ser con el despliegue de sus razones, su pertenencia comunitaria con su actividad política, su cultura con el civismo, ni el ser-en-común de las comunidades culturales con el actuar-juntos de una comunidad política, el sentimiento nacional con la responsabilidad política, en síntesis, el principio de filiación que funda una identidad común en la partición de valores culturales con el principio de acción que despliega una ciudadanía compartida en la identidad de un combate político llevado en nombre de principios (Tassin, L., 2001: 13).

Razón apelante para que los sujetos inmersos en el contexto escolar subviertan sus prácticas a acciones basadas en procesos comunicativos donde los consensos, los consensos y las interacciones asertivas, razonadas y críticas se formen en la cotidianidad de las aulas. Las prácticas deben ser similares de ciudadanos con capacidades deliberativas de juicio político, ética social y uso activo de los múltiples lenguajes, como medio liberador y legítimo para sentirse y ser ciudadano proactivo de la sociedad actual.

De aquí surge la necesidad de que los mecanismos y estrategias que se utilicen para potenciar una adecuada socialización política, se expliciten en los objetivos de enseñanza y de aprendizaje de todas las asignaturas de los diferentes niveles escolares. Y algo fundamental: "Una reforma de la educación ciudadana, incluye una reforma de los educadores también; ésta es una tarea política cuyo propósito es hacer de los educadores ciudadanos mejor informados y agentes más efectivos para la transformación de la sociedad global" (Giroux, H., 1992: 242).

Si la escuela quiere devolverse a la sociedad un sujeto transformado, en las mediaciones se deben involucrar acciones, didácticas y metodologías claras y explícitas que desarrolle la racionalidad, el pensamiento crítico, el respeto a la diferencia, la inclinación por el diálogo para solucionar conflictos, y el respeto por los derechos humanos. Todas estas acciones propias mediadas por la ética y el respeto por el otro; y también, sin que sea mero importante, se deben posibilitar las formas de comunicación de un sujeto que participa y está activo, que es tomado en cuenta y que tiene los argumentos para exigir lo que le corresponde en la vida social; un sujeto que reconoce el papel que desempeña en la cultura, que reconoce la historia y piensa en cómo transformarla.

Nace más nocivo para una sociedad que sujetos indiferentes, incapaces de acción, resignados a las decisiones de otros, acéfalos y apolíticos. Sin embargo, vemos cómo muchas veces el sujeto adquiere esa conciencia fuera de la escuela, gracias a las formas en que interactúa con otros en su entorno, y es

más bien dentro de la escuela donde se le acalla para que no interfiera en la armonía de los espacios que han sido neutralizados para, en apariencia, "garantizar la armonía y la convivencia". A este respecto Bruner (1990:11) hace un aporte fundamental, al imponerle a cada materia del currículo su rol como fundamento para una adecuada socialización del sujeto y un pleno desarrollo cultural: "...Las asignaturas escolares que son técnicas, y las matemáticas, no tienen por qué carecer necesariamente de una estructura intelectual adecuada ni de sentido cultural". De aquí se desprende, además, una demanda que ha tenido poco eco en las reformas educativas: que todos los docentes estén comprometidos con la lectura y la escritura, es decir, que se desarrollen estos procesos como saberes transdisciplinarios, lo que necesariamente implica la vinculación de todas las asignaturas en ello.

La pregunta es el respeto a la convergencia entre educación, política y ciudadanía; se espera que en la escuela se le dé paso a la crítica histórica y a la reflexión crítica, es decir, al análisis de la situación presente, pero sin desconocer de dónde provienen los fenómenos, y a la acción social, es decir, a contextualizar al hombre con su entorno y hacerlo partícipe de las decisiones y las transformaciones. Pero todo esto se queda en utopías, si no se planean los espacios donde se potencie, y si desde los mismos medidores (maestros) no existe una socialización política para ello. Por tal razón, la insistencia en la importancia de analizar la formación de los docentes. "Los maestros, más que los estudiantes, deberán representar el punto de partida para cualquier teoría de la educación ciudadana" (Giroux, H., 1992: 25).

Pero si para los maestros hay demandas y se asignan responsabilidades, la escuela no escapa a las exigencias para una mejor concepción de su papel en la situación histórica, social y cultural de sus educandos. G. Bustamante (2002) da un ejemplo claro de lo que —sin denominarlo como tal— se hace desde el currículo oculto, en detrimento de la formación. De una parte, la escuela, cuyos principios proclaman el desarrollo de la individualidad, y promueve una educación más personalizada, contradictoriamente, masifica el aula, elevando el número de estudiantes; por otra parte, la escuela que representa la cultura académica y la cultura letrada, ofrece y planea pocos espacios para la racionalidad, la reflexión crítica, la argumentación y la escritura. Estos son procesos que se dan esporádicamente, dependiendo de lo que el docente escoja para adelantar una clase. Un tercer ejemplo se da cuando se promueve la educación para la autonomía y la autodeterminación y mientras tanto, se oculta cada vez más a mecanismos rígidos de extremo control en ella. Estas incongruencias se instalan en la personalidad y se fijan en el comportamiento. Es labor del maestro hacerlas visibles y explicitarlas para ayudar a esquivarlas de la misma manera.

Según K. O. Apter (1995), "el niño adquiere la comprensión del yo y la orientación a fines mediante el aprendizaje del lenguaje y la socialización. Lo cual significa que sólo se educa de sí mismo y de sus posibles fines identificándose con un rol que se le adjudica en la comunidad de interacción y comunicación lingüística". No hay acción, pensamiento, deseo o necesidad que no circule por la relación lenguaje-pensamiento. Esto dicta una responsabilidad muy fuerte sobre la escuela y sobre los docentes. Nuevamente Freire acude en nuestra ayuda: "El rol del educador consiste en proponer problemas en torno a situaciones existenciales codificadas para ayudar a los educandos a alcanzar una visión cada vez más crítica de su realidad" (1990: 25). Por el tiempo de permanencia en ella y por la circulación de creencias, saberes, comportamientos y cosmovisiones, la escuela es una fuente de formación de capital humano, por eso está lejos de ser un "vacío político y social".

Las prácticas deben ser semilleros de ciudadanos con capacidades deliberativas de juicio político, ética social y uso activo de los múltiples lenguajes.



## Referencias

- Apel, K. O. (1995). "Límites de la ética discursiva" (biólogo), en Cortina, A., *Razón comunicativa y responsabilidad solidaria*, Salamanca, Sigüeme.
- Arndt, H. (1993). *La condición humana*, Barcelona, Paidós.
- Bárcena, F. (1997). *El oficio de la ciudadanía. Introducción a la educación política*, Barcelona, Paidós.
- Bruner, J. (1991). *La importancia de la educación*, Barcelona, Paidós.
- Buzamante, G. (2002). "Estándares curriculares: ¿insuficientes?", en *Revista Educación y Cultura*, núm. 63, Bogotá, Fecode, pp. 7-12.
- Cajiao, F. (2005). *Instrumentos para escribir el mundo. Escritura, lectura y política en el universo escolar*, Bogotá, Cooperativa Editorial Magisterio.
- Colombia, Congreso Nacional de la República (1994, 7 de febrero). "Ley 115 del 8 de febrero de 1994, por la cual se expide la ley general de educación", dada en Santafé de Bogotá D.C. a 8 de febrero de 1994, en *Diario Oficial*, núm. 41.216, Bogotá.
- Colombia, Ministerio de Educación Nacional (2004). *Estándares básicos de competencias ciudadanas*, Bogotá.
- \_\_\_\_\_. *Ministerio de Educación Nacional (2003). Estándares básicos de competencias en lenguaje*, Bogotá.
- Cortina, A. (1995). *Razón comunicativa y responsabilidad solidaria*, Salamanca, Sigüeme.
- Dewey, J. (1997). *Democracia y educación: una introducción a la filosofía de la educación*, Madrid, Morata.
- Delgado, R. (2005). *El desarrollo humano: un panorama en permanente transformación*, Ponencia presentada en el taller "Educación y desarrollo humano", IX simposio de educación: ser, conocer, hacer y convivir, Guadalajara, México.
- Ferreiro, E. (2002). *Pasado y presente de los verbos "leer" y "escribir"*, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica.
- \_\_\_\_\_. (1995). *Cultura escrita y educación: conversaciones de Emilia Ferrero con José Antonio Castorino, Daniel Goldin y Rosa María Torres*, México, Fondo de Cultura Económica.
- \_\_\_\_\_. (Comp.). (2002). *Relaciones de (in)dependencia entre oralidad y escritura*, Barcelona, Gedisa.
- Freire, P. (1996). *La naturaleza política de la educación. Cultura, poder y liberación*, Barcelona, Paidós.
- \_\_\_\_\_. (1997). *Política y educación*, México, Siglo XXI.
- Ginzburg, M. (1992). *Ironía y resistencia en educación. Una pedagogía para la oposición*, Madrid, Siglo XXI.
- Sen, A. (1999). *El desarrollo como libertad*, Bogotá, Planeta.
- Tassin, E. (2001). *Identidad, ciudadanía, y comunidad política: ¿qué es un sujeto político? Filosofías de la educación*, Rosario, Homosapiens ediciones.
- Vilas, A. (2002). "La enseñanza de la lectura y la escritura: análisis socio-histórico", Ponencia presentada en el I Congreso Nacional de Lengua Escrita, organizado por el Centro de Profesores y Recursos, Murcia II, del 3 al 6 de junio de 1999.



# LOS SIGNIFICADOS DE LA ADAPTACION BIOLÓGICA

GERMÁN AMAT-GARCÍA, BIÓLOGO M. SC.

PROFESOR ASOCIADO EN DEDICACIÓN EXCLUSIVA.  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN  
"INSECTOS DE COLOMBIA"  
INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES,  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE COLOMBIA.

gdamat@unal.edu.co

Puesto que la selección natural sólo puede adaptar organismos a circunstancias locales, y dado que las circunstancias locales cambian de manera aleatoria a lo largo del tiempo geológico, los ruts de la evolución adaptativa no pueden predecirse.

Stephen Jay Gould

## Resumen

En este artículo se presentan nuevos elementos conceptuales y metodológicos que enriquecen la comprensión y la reinterpretación entre los biólogos de hoy del fenómeno adaptativo, y deja planteado el impacto de esta noción en la pedagogía de la ciencia.

En 1995 la revista *Innovación y Ciencia* editó, gracias a los colegas Andrés Moya, Francisco Ayala y Fernando Fernández, un número especial en torno a la evolución y la sistemática biológica. En este número tuvimos la oportunidad, con el colega Orlando Vargas, de exponer algunas consideraciones epistemológicas sobre uno de los conceptos más controvertidos en la biología: la adaptación (Vinat, G. y Vargas, O., 1995). Catorce años después, la comprensión del fenómeno adaptativo continúa siendo un tema central en la biología en el que, a nuestro juicio, prevalecen tres tesis importantes:

- Las adaptaciones en la biología tienen múltiples interpretaciones; se puede afirmar que hay tantos significados del concepto como disciplinas evolutivas en las ciencias biológicas. Por ejemplo, una definición de gran importancia, en el marco de la biología evolutiva, alude al conjunto de transformaciones que se producen en el curso de la evolución, lo que supone una adecuación del organismo a su medio.
- Los mecanismos de selección y adaptación están estrechamente ligados y no necesariamente de manera recíproca; la adaptación es el resultado de la selección, aunque esta última no conduzca a una adaptación. En otras palabras, no siempre un organismo que sobrevive es el más adaptado, a veces la selección natural favorece a portadores de genes que no son los más adaptados.
- Muchos biólogos aceptan hoy la selección natural darwiniana como un mecanismo responsable, por excelencia, del cambio evolutivo (la mejor manera de comprender este mecanismo es descomponer el concepto en partes: variación y sobrevivencia, más reproducción diferencial de los individuos). Sin embargo, se ha admitido, como el mismo Darwin lo planteó, que la selección natural no es el único mecanismo que direcciona la evolución de las especies hacia la adaptación; al respecto, se conoce muy bien la crítica al "programa adaptacionista" que desarrollaron S. J. Gould y R. C. Lewontin (1979).

En este artículo queremos mostrar, a grandes rasgos, nuevos elementos conceptuales y metodológicos que puedan enriquecer la comprensión y la reinterpretación del fenómeno adaptativo y dejar planteado el impacto de esta noción en la pedagogía de la ciencia. La palabra "adaptación" ha sido abordada por filósofos de la ciencia y por biólogos, quienes han propuesto toda clase de definiciones, desde holísticas como "la adaptación está en todo y sin ella no es posible la vida", hasta elaborados estudios, muchos de ellos fundamentados en la observación y la experimentación (Amundson, R., 1994).

Para una mejor comprensión de las ideas expuestas en el presente artículo, consideramos apropiado llamar la atención a los lectores sobre dos premisas:

- Existen claras diferencias entre "adaptación" y "adecuación" (*fitness*), la primera abarca todos los mecanismos que posibilitan el acomodamiento de un organismo a su medio, mientras que la segunda mide el éxito de la reproducción (valor adaptativo) (Suñer, R. y Ayala, F., 1993).
  - La palabra "adaptación" debe remitirse, en nuestra opinión, a la expresión "carácter adaptativo", ya que los organismos pueden ser considerados como un conjunto de caracteres, bien sean independientes o en interacción del tipo *trade-off*, que han sido optimizados paso a paso por la selección natural.
- Los caracteres adaptativos se pueden comprender de acuerdo con dos criterios principales (Gould, S. J. y Vito, E. S., 1982):
- La funcionalidad o uso actual: en estos caracteres su interacción con las fuerzas selectivas actuales, como por ejemplo el ambiente, son suficientes para explicar las formas.

- El Origen Histórico: caracteres que pudieron ser moldeados evolutivamente por algunos procesos como selección natural, desarrollo o deriva genética.
- S. J. Gould, y E. S. Vito (1982) adoptaron estrictamente el término "adaptación" para aquellos caracteres cuya variabilidad morfológica se debe únicamente a las condiciones actuales, es decir, para aquellas estructuras que cumplen los criterios del origen histórico y del uso actual. También puede presentarse un carácter que siendo útil para el organismo, no ha sido seleccionado para llevar a cabo su función actual, a este caso se le denomina *exaptación* o concepción no histórica de la adaptación. Como es de esperar, hay problemas subyacentes a estas consideraciones, como por ejemplo el hecho de que "abundan" las exaptaciones, no porque la selección natural no haya sido una fuerza evolutiva importante, sino porque existen otros mecanismos diferentes.

## ¿Cómo "descubre" el biólogo de hoy los caracteres adaptativos?

Para algunos autores el enfoque histórico es el fundamental, independientemente que un carácter, bien sea reconocido como adaptado o no a las condiciones ambientales (Coadington, 1988). Otros defienden que lo único verdaderamente importante es establecer la significación adaptativa de un carácter (presumiendo de la filogenia), basado en su contribución al *fitness* del organismo (Bock, W. J., 2003). En otras palabras, no importa la historia que hay tenido una estructura, sólo es relevante conocer si actualmente su prevalencia se debe a la selección natural.

Las investigaciones de la última década sobre el fenómeno adaptativo muestran considerables esfuerzos por construir y probar empíricamente hipótesis en el marco de disciplinas como la sistemática, la genética, la ecología histórica, la morfología funcional o la paleontología (véase tabla 1). Para estudiar la historia de las transformaciones de un carácter potencialmente adaptativo, por ejemplo, mediante la sistemática filogenética, se requiere identificar clados donde se produjo la evolución del carácter, determinar la secuencia de transformación de dicho carácter y de los cambios ambientales que habrían acompañado esta transformación (Lanteri, A. y Cigliano, M., 2005) (véase figura 1).

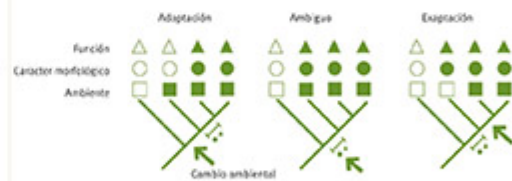


Figura 1.

Evolución de un carácter morfológico (triángulo) y su función (triángulo) en relación con cambios en las condiciones ambientales (cuadrado). Adaptación: si el carácter morfológico y su función evolucionaron conjuntamente después de un cambio ambiental. Se interpreta que estos caracteres confieren al organismo alguna ventaja adaptativa, y habrían surgido como respuesta a dicho cambio por selección natural. Ambiguo: si el carácter morfológico y la función evolucionaron simultáneamente con el cambio ambiental. Exaptación: si el carácter morfológico y la función evolucionaron simultáneamente, pero surgieron antes del cambio ambiental; los cambios morfológicos no son producto de la selección natural (Andersen, R., 1999; Lanteri, A. y Cigliano, M., 2005).

Tabla 1. Principales métodos para el estudio de las adaptaciones biológicas

Método	Fundamenta	Ejemplo
Análisis genéticos	Conocimiento de las bases genéticas de la variación de un carácter como respuesta a diferentes presiones.	Efectos maternos en las estrategias de historia de insectos (Mousseau 1991, en Rensch, D. y Travis, J., 1996).
Estudios experimentales	Manipulación de poblaciones para mantener caracteres con alto valor adaptativo (fitnes).	Patrones de coloración en especies miméticas de mariposas (Brown et al. 1976, en Rensch, D. y Travis, J., 1996).
Estudios filogenéticos	Identificación de los linajes donde se produce la evolución del carácter; determinación de las secuencias de su transcripción y de los cambios ambientales.	Hipótesis adaptativas sobre tres caracteres sometidos a régimen selectivo y su caracterización funcional en salamandra (Baur, D. y Larson, A., 1998).
Estudios comparativos	Empira combinada de la morfometría o la ecomorfología y la sistemática para determinar el efecto independiente de determinadas fuerzas selectivas sobre la expresión de un carácter.	Patrones de variación de la forma en el aparato bucal de peces actinopterygios y su significado adaptativo (Linde-Medina, M., 2006).

Los dos enfoques mencionados se han integrado gracias a métodos comparativos que involucran la sistemática filogenética (Larson, A. y Losos, J., 1996) con la morfología funcional (Macleod, N. y Foley, P. L., 2002) o la ecomorfología (Bock, W. J. y Wähliert, G., 1965). La construcción de estas hipótesis adaptativas se fundamenta, por consiguiente, en la predicción de que un carácter podrá evolucionar en el contexto de un régimen selectivo. Se requiere, por tanto, especificar tanto los caracteres potencialmente adaptativos como los taxones y el papel biológico postulado para cada carácter (Larson, A. y Losos, J., 1996).

Resumiendo, los estudios comparativos sobre la adaptación biológica deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El análisis de la forma, con el apoyo disciplinar de la morfología geométrica, que permite visualizar los cambios morfológicos asociados a un determinado régimen selectivo. Las técnicas morfométricas determinan y cuantifican la variación en la forma y separan los componentes genéticos y ambientales de los caracteres examinados (Zelditch et al., 2004).
- La selección e identificación de las fuerzas selectivas que pudieron influir sobre la forma, mediante formulación y pruebas de hipótesis de carácter ecomorfológico (Bock, W. J. y Wähliert, G., 1965).
- La identificación del efecto filogenético sobre los taxones en virtud de sus relaciones de herencia.
- Los tratamientos multivariados, a través de la correlación múltiple, miden qué porcentaje de la variabilidad morfológica se explica por un determinado régimen selectivo, después de eliminar la variabilidad explícita por la filogenia.
- A manera de ilustración, M. Linde-Medina (2006) llevó a cabo un estudio ecomorfológico en peces de la familia Sparidae con las siguientes fases:

1. Estudió la morfología bucal en catorce especies.
2. Analizó los patrones de variación en la forma.
3. Estableció hipótesis de parentesco entre las catorce especies mediante un análisis filogenético.
4. Identificó el hábito alimenticio y el tipo de movilidad de las presas como posibles fuerzas selectivas y su interacción con la forma de los individuos estudiados.
5. Formuló un modelo explicativo sobre la variación de la forma y delatión de los principales patrones evolutivos.



• De acuerdo con el conocido biólogo William Eberhard: "La falta de observaciones de los escarabajos con cuernos no es la única razón por la que los biólogos han tenido tantas dificultades a la hora de determinar la función de sus cuernos". Tal vez nosotras preguntas que nos conduzcan a un entendimiento integral de los episodios históricos en que estas estructuras se desarrollaron, y de los patrones de variación observados hoy entre los organismos. Individuo macho del escarabajo Hercules (*Dynastes hercules*).

Según los resultados obtenidos por Linde-Medina (2006), la movilidad de las presas de los peces esparidos explica parte de la variación de la forma del premaxilar (14% de la varianza). Según la autora, existe una parte de la variabilidad que no queda explicada por las fuerzas selectivas seleccionadas. Esta variación de la forma podría corresponder a cambios adaptativos relacionados con otras fuerzas selectivas, o pueden estar relacionados con el ajuste interno del premaxilar en interacción con otras estructuras del aparato bucal. Estudios comparativos, como en el ejemplo anterior, conducen a un enriquecimiento conceptual sobre los caracteres adaptativos y deja en claro que la formulación de hipótesis empíricamente falsables, mediante la observación y/o la experimentación, sometidas a prueba, efectivamente, la robustez metodológica de los enfoques expuestos.

### Sobre las dificultades de aprender y enseñar los mecanismos adaptativos...

En el contexto del aprendizaje de la ciencia, la noción de adaptación presenta obstáculos epistemológicos derivados, principalmente, de la ausencia de contenidos específicos, de los múltiples significados del concepto y de las interpretaciones exageradamente "adaptacionistas". En el ámbito de la educación secundaria española, por ejemplo, el estudiante interpreta ecológicamente la adaptación identificándola con "característica", de tal forma que "estar adaptado a un hábitat" significa "vivir en un hábitat" y, evolutivamente, entiende el concepto como la "conquista de nuevos ambientes". En todos los casos, a la luz de la estructura conceptual validada por los biólogos de hoy, aparece como un concepto difícil de justificar y de aplicar a situaciones nuevas, debido a la debilidad de las argumentaciones expuestas en los textos de secundaria y en el aula de clase. En los textos especializados, los argumentos seleccionistas se reducen a criterios utilitaristas; convencer de la utilidad de un órgano no es homologable a demostrar la relación adaptación-selección. Dado que la utilidad de un órgano se manifiesta en el beneficio que aporta a su poseedor, la adaptación se reviste de necesidad, dando pie a interpretaciones francamente

finalistas y vitalistas (De la Gárgara-Gómez et al., 2002). El análisis que hacen Gárgara-Gómez y sus colegas sobre los requerimientos en la construcción de conocimiento por parte del estudiante alrededor de las adaptaciones muestra, en sus propias palabras, las siguientes particularidades:

De acuerdo con los críticos del modelo adaptacionista, pensamos que sería interesante una estrategia didáctica que preste más atención a la reconstrucción de los modelos de desarrollo ontogenético. A lo largo de la secundaria, los estudiantes no tienen la oportunidad de estudiar cómo se diferencian los órganos o cuándo la presencia o ausencia de un órgano es un criterio utilizado para explicar la adaptación. Los modelos de cambio fisiológico y evolutivo no agotan las posibilidades de cambio que se puedan observar (2002: 313).

En Colombia vale la pena dirigir una mirada crítica para observar cómo entiende el estudiante universitario de biología el fenómeno adaptativo a la luz de la "teoría de la Evolución". Quizás prevalezca, como en el estudiante español, una interpretación donde toda variación de los caracteres biológicos es adaptacionista o peor aún, donde se marcan rezagos de explicaciones finalistas.

En conclusión, hay que construir, desde la reconstrucción del saber, significados de adaptación entre el docente y el estudiante, a partir de la noción validada por la ciencia, y apoyados tanto en experiencias didácticas como en la historia de cómo evolucionó el concepto. De esta forma, se le facilitará al estudiante la elaboración de explicaciones causales en torno al complejo fenómeno de la adaptación biológica.

En un estudio comparativo de adaptación se hace necesario identificar cuatro fuentes de variación entre los caracteres observados (Linde-Medina, M., 2006):

- Variación de forma no explicada por el modelo, es decir, que aquí están contenidos los cambios morfológicos debidos al desarrollo.
- Variación de forma explicada sólo por la filogenia (independientes del ambiente), o sea similitudes morfológicas entre los caracteres por relaciones de ancestro.
- Variación de forma explicada sólo por el ambiente (independiente de la filogenia), que representa las fuerzas selectivas actuales y en últimas la condición adaptativa del carácter.
- Variación de forma explicada conjuntamente por la filogenia y el ambiente. Como un método comparativo no es suficiente para demostrar explícitamente una adaptación, se requiere la relación causa-efecto del patrón ecomorfológico encontrado.

## Referencias

Amat, G. y Vargas, O. (1995). "La adaptación biológica. Algunas tesis de comprensión", en *Innovación y Ciencia*, vol. 4, num. 1, pp. 20-25.

Amundson, R. (1996). "Historical development of the concept of adaptation", en *Adaptation*, San Diego, Academic Press, pp. 11-53.

Andersen, N. (1995). "Cladistics inference and evolutionary scenarios: locomotory structure, function and performance in water spiders", en *Cladistics*, vol. 11, pp. 279-295.

472  
LA RED POSTAL DE COLOMBIA  
www.472.com.co  
472  
LA RED POSTAL DE COLOMBIA  
Línea de Atención al Cliente Nacional 01 8000 111210



Baum, D. y Larson, A. (1991). "Adaptation reviewed: a phylogenetic methodology for studying character macroevolution", en *Systematic Zoology* (Washington), vol. 40, num. 1, pp. 1-18.

Bock, W. J. (2003). "Ecological aspects of the evolutionary processes", en *Systematic Zoology* (Washington), vol. 20, pp. 279-289.

Bock, W. J. y Whittet, G. (1985). "Adaptation and the form-function complex", en *Evolution*, vol. 39, pp. 269-299.

De la Gárgara-Gómez, M.; Gil, Q. M. y Sanmami, P. N. (2002). "Del modelo científico de 'adaptación biológica' al modelo de 'adaptación biológica' en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria", en *Enseñanza de las ciencias*, vol. 20, num. 2, pp. 302-314.

Could, S. J. y Lewontin, R. C. (1973). "The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: A critique of the adaptationist programme", en *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B*, vol. 205, num. 1161, pp. 581-598.

Could, S. J. y Vība, E. S. (1982). "Exaptation: a missing term in the science of form", en *Paleobiology*, vol. 8, pp. 4-15.

Lantieri, A. y Cigliano, M. (eds.), (2005). *Sistemática biológica: fundamentos teóricos y ejemplificaciones*, La Plata, Universidad Nacional de La Plata.

Larson, A. y Losos, J. (1996). "Phylogenetic systematics adaptation", en *Adaptation*, San Diego, Academic Press, pp. 187-220.

Linde-Medina, M. (2006). *Adaptaciones, exaptaciones y el estudio de la forma*. tesis doctoral, Ilas Baleares, Universidad de Ilas Baleares, Doctorado en Biología.

MacLeod, N. y Forry, P. L. (eds.) (2002). *Morphology, shape and phylogeny*. Systematics Association, Special Volumen 64, Londres, Taylor & Francis.

Reznick, D. y Travis, J. (1996). "The empirical study of adaptation natural populations", en *Adaptation*, San Diego, Academic Press, pp. 187-220.

Ruiz, R. y Ayala, F. (1995). *El método en las ciencias. Epistemología y darwinismo*, México, Fondo de cultura económica.



< Ver para conocer...  
conocer para preservar >

**Licopodio:** planta típica de los terrenos húmedos, en el Parque Natural Sierra Nevada del Cocuy. En este parque existen todos los pisos térmicos de Colombia, desde la selva húmeda tropical hasta las nieves perpetuas.

FOTOGRAFÍA: ÁLVARO CORTEZ BRUSCHI, QUÍMICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

# CAMBIO CLIMÁTICO Y ENFERMEDADES EN CORALES



LUIS FERNANDO CADAVID, MD, PHD.  
PROFESOR TITULAR  
LÍDER, GRUPO DE INMUNOLOGÍA EVOLUTIVA,  
DEPARTAMENTO DE BIOLÓGIA E INSTITUTO DE GENÉTICA,  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

[luisfernando.cadaavid@gmail.com](mailto:luisfernando.cadaavid@gmail.com)

Los bienes y servicios que proveen los arrecifes de coral son un elemento clave en el tejido social, cultural y económico de muchos países costeros.

Los arrecifes de coral sorprenden por su belleza, complejidad y diversidad, esta última comparable a la de la selva húmeda tropical (Sieben, K., 1994). Los bienes y servicios que proveen los arrecifes de coral son un elemento clave en el tejido social, cultural y económico de muchos países costeros. Su valor económico ha sido estimado en US\$375 mil millones al año, derivado principalmente de actividades como pesca y turismo (Costanza, R. et al., 1997). La base estructural y ecológica de los arrecifes de coral son los corales duros o escleractinosos. Estos son organismos coloniales que secretan un exoesqueleto de carbonato de calcio cuya acumulación progresiva produce una formación calcárea masiva que soporta a los corales vivos y a una gran variedad de otros organismos, incluidos peces, moluscos, equinodermos y una amplia gama de microorganismos. Los corales formadores de arrecifes se encuentran en aguas cálidas y relativamente superficiales, asegurando suficiente luz para que la fotosíntesis ocurra. Los corales, no obstante, no hacen fotosíntesis. Estos establecen una relación simbiótica con algas unicelulares conocidas como zooxantelas (género *Symbiodinium*) que llevan a cabo la fotosíntesis, satisfaciendo hasta un 90% de las necesidades de nutrientes orgánicos del coral. Además de las zooxantelas, los corales están asociados con una gran diversidad de microorganismos, que incluye representantes de los tres dominios de la vida: procariontes, eucariontes y arqueas, así como también numerosos virus (Rosenberg, E. et al., 2007). El coral más el conjunto de microorganismos asociados se conoce como holobionte.

El deterioro global de las condiciones medioambientales ha comprometido drásticamente la salud de los arrecifes de coral. Reportes recientes indican que entre el 58% y el 70% están directamente amenazados por actividades humanas, mientras que más del 80% de la biota asociada con arrecifes de coral del Caribe ha desaparecido en los últimos 30 años (Sardner, T. A. et al., 2009; Hoegh-Guldberg, 1999 y Wilkinson, 1999). En el Caribe, la cobertura viva de los arrecifes de coral disminuyó de un promedio de 55% en 1977 a un 5% en 2005 (Jackson, J., 2008). La significativa disminución del coral cuerno de alce y cuerno de ciervo (*Acropora palmata* y *A. cervicornis*) es ilustrativa: pasaron de ser los corales formadores de arrecifes más importantes en el último millón de años a estar actualmente dentro de la lista oficial de especies amenazadas (Pardoll y Jackson,

2006). Si bien existe consenso en que los factores más importantes que han llevado a la disminución en los arrecifes de coral son la sobrepesca, la contaminación en zonas costeras y el cambio climático global, la contribución relativa y el posible sinergismo entre estos factores son aún controvertidos. El debate se centra en la relativa contribución de factores locales contra los factores globales, lo cual tiene implicaciones importantes en manejo y conservación (Jackson, J., 2008).

La sobrepesca reduce el número de peces que se alimentan de algas, aumentando así su concentración en los arrecifes de coral. Numerosos estudios han mostrado que algunas algas pueden afectar negativamente los corales, por ejemplo, liberando compuestos químicos tóxicos para el coral, fenómeno conocido como algalpatía (McCook, L. et al., 2001). La contaminación en zonas costeras ha afectado a los arrecifes de coral de manera importante como consecuencia del aumento en sedimentos y nutrientes. El aumento de sedimentos en aguas costeras disminuye el paso de luz necesaria para la fotosíntesis, dificulta el acceso a sustratos de corales jóvenes y, en casos severos, puede conducir a la asfixia de los mismos. El aumento de nutrientes como fosfatos, nitratos, amonio y carbón orgánico disueltos induce un aumento en la concentración de algas, altera la estructura de las comunidades residentes, disminuye la diversidad de los arrecifes y aumenta la susceptibilidad a infecciones (Bravo, J. F. et al., 2003).

Por su parte, la acumulación de gases de invernadero ha aumentado en más de un tercio desde épocas preindustriales, y si no hay alguna medida drástica que lo controle, se pronostica que su concentración se duplicará hacia finales de este siglo. Los gases de invernadero afectan a los arrecifes de coral principalmente en dos niveles: acidificación y aumento de la temperatura del agua. La disminución del pH marino causa reducción en la tasa de crecimiento del coral y una disminución de la densidad esquelética (Fine y Theroen, 2007). En el último siglo, la temperatura global ha aumentado en promedio 0,7 °C y se predice que aumentará 1,5-4,5 °C en este siglo (Climate Change, 2001). Así mismo, los niveles del mar han aumentado 18 cm en promedio. Estos cambios globales afectan la dinámica oceánica en varios aspectos como: el patrón de circulación de corrientes superficiales, la periodicidad, intensidad y localización de fenómenos climáticos extremos, y la química oceánica.

La evidencia más clara del efecto causado por el cambio climático global sobre la salud de los arrecifes de coral es el fenómeno conocido como blanqueamiento (Hoegh-Guldberg, 1999). El blanqueamiento se refiere a la pérdida del color natural del coral como consecuencia de la expulsión de las zooxantelas o sus pigmentos fotosintéticos. Diferentes factores ambientales están involucrados en el proceso de blanqueamiento, incluidos cambios en la salinidad marina, exceso de luz y presencia de toxinas o infecciones microbianas. Sin embargo, la causa más común de blanqueamiento coralino es el aumento en la temperatura superficial del mar. En el Caribe, el blanqueamiento se inicia cuando hay un aumento de al menos 1 °C por encima de la temperatura máxima normal en el verano. En eventos leves el blanqueamiento es transitorio, pero en casos severos hay una alta mortalidad.

En dos casos se ha demostrado que el blanqueamiento es el resultado de una infección bacteriana que se induce cuando la temperatura marina es alta. Estos casos son: el coral *Pocillopora damicornis*, infectado por la bacteria *Vibrio coralliilyticus* en el mar Rojo y el océano Índico (Ben-Haim, Y. et al., 2003), y el coral *Oculina patagonica* y la bacteria *Vibrio shibui* en el Mediterráneo (Rosenberg y Falkowitz, 2004). En este segundo caso, temperaturas altas inducen al *V. shibui* a expresar factores de adhesión que facilitan la penetración de la bacteria al epitelio coralino. Después de multiplicarse intracelularmente, la bacteria alcanza una densidad de diez células por cm<sup>2</sup>, momento en el cual produce la toxina P que inhibe la fotosíntesis en las zooxantelas, generando la pérdida de las algas y sus pigmentos. Cuando la temperatura disminuye en invierno, *V. shibui* no produce la enzima superóxido dismutasa, haciéndose susceptible a los radicales de oxígeno producidos por el coral. El coral, así, reincorpora las zooxantelas y reestablece su pigmentación. Sin embargo, hay un reservorio de la bacteria en el invierno que a su vez funciona como vector de transmisión en el verano, y es el gusano de fuego *Hemodricor coruscicola* (Sussman, M. et al., 2003). Curiosamente, después de 2003, cualquier intento de reproducir el blanqueamiento infeccioso en *O. patagonica* bajo condiciones experimentales ha fracasado, aun cuando *V. shibui* se puede aislar del coral. La bacteria puede adherirse al coral y penetrar en su tejido, pero en corales resistentes no profiere para alcanzar la densidad infecciosa necesaria. Gracias a algún mecanismo inmunológico, el coral neutraliza la bacteria y evita su infección.

El aumento de la temperatura superficial del mar está directamente relacionado con el crecimiento de la susceptibilidad de los corales a otras enfermedades. La base de Datos Mundial de Enfermedades de Corales muestra la presencia de 23 enfermedades y síndromes que afectan a los corales. Trece de esas enfermedades —banda blanca, banda negra y plaga blanca— constituyen el 60% de los reportes en la base de datos y afectan al menos 38 especies de corales del Caribe. La enfermedad de la banda blanca ha sido señalada como la causa principal de las recientes mortalidades masivas de *Acropora palmata* y *A. cervicornis* (Sanitary y Peters, 1997) y se caracteriza por una lesión progresiva desde la base

La evidencia más clara del efecto causado por el cambio climático global sobre la salud de los arrecifes de coral es el fenómeno conocido como blanqueamiento (Hoegh-Guldberg, 1999).



PREMIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LAS ACUICULTURAS

Juan Jacobo Muñoz

RECEPCIÓN DE TRABAJOS Enero 1 a Mayo 30 de 2009

Colombia Instituto de Investigaciones Ambientales Universidad Simón Bolívar Avenida Caracas 44 No. 21 A - 3o. piso 2 Teléfono 01 222 1900 Ext. 174

Venezuela Teléfono 0212 219629

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SANTOS

www.unsantos.edu.co

del coral hacia la punta, en la que se observa una banda sin tejido coralino que expone el color blanco del esqueleto (Díaz, I. M. et al., 1995; Santavy y Peters, 1997). Ritchie y Smith (1995) encontraron una proporción más alta de *Vibrios*, especialmente *V. coralliophilus*, en corales enfermos. Sin embargo, no está claro si *V. coralliophilus* es el agente causal o si su aumento en densidad es secundario a otra condición. La enfermedad de la banda blanca fue detectada en Colombia por primera vez en 1992 en la isla de San Andrés, y posteriormente se evidenció una distribución más amplia (Garrón-Ferreira et al., 2003).

La enfermedad de la banda negra puede ser reconocida como una banda oscura que se mueve a través de colonias de coral, destruyendo el tejido coralino. La enfermedad es activa principalmente durante el verano. A pesar de que se ha estudiado extensamente, el agente causal no se ha podido



© Peter Weil

determinar. Las observaciones microscópicas de los tejidos enfermos muestran la presencia de bacterias heterófitas y fotosintéticas (cianobacterias). Al respecto, Richardson, E. et al. (1997) argumentan que la enfermedad de la banda negra no es causada por un agente patógeno primario simple, sino que es un consorcio microbiano. Esta enfermedad ha sido detectada en numerosas localidades del Caribe, incluida Colombia (Garrón-Ferreira et al., 2003).

La enfermedad de la plaga blanca afecta a 17 especies de corales masivos y se caracteriza por una línea muy marcada entre el esqueleto de coral expuesto y el tejido aparentemente sano. La lesión progresa rápidamente (más de 2 cm por día), eliminando el coral en el transcurso de aproximadamente diez semanas. Estudios microbiológicos han mostrado que el agente causal es una bacteria Gram-negativa del orden de los Rhizobiales de la clase  $\alpha$ -proteobacteria llamada *Aurantimonas corallicida* (Denner, E. et al., 2009). La plaga blanca fue detectada por primera vez en Colombia en 1994 en el parque Tayrona y estaba afectando colonias del coral *Montastrea cavernosa*. En años siguientes ha sido observada con mayor frecuencia en otras áreas y afectando otras especies (Díaz, I. M. et al., 1999).

A pesar de la creciente presión sobre los arrecifes de coral por la sobrepesca, la polución en zonas costeras, el estrés térmico secundario generado por el cambio climático y las enfermedades infecciosas, los corales han mostrado una alta capacidad de resiliencia o capacidad para adaptarse a estrés medioambientales. Como un intento por explicar esta resiliencia, la hipótesis prebiótica de los corales

propone que existe una relación clásica entre los microorganismos simbióticos y los corales en diferentes condiciones ambientales. Estas condiciones seleccionan el holobionte con la estructura poblacional que tenga mejores ventajas para sobrevivir (Reshef, E. et al., 2004). El holobionte se puede adaptar a condiciones medioambientales cambiantes con mayor plasticidad y rapidez alterando la estructura de las comunidades de microorganismos residentes, que por un proceso dependiente de mutaciones genéticas y selección natural. Esta hipótesis se basa en la observación de que los corales tienen gran abundancia y diversidad de microorganismos residiendo en sus tejidos, y que estos microorganismos pueden beneficiar al coral mediante la fotosíntesis, la fijación de nitrógeno y la producción de moléculas antimicrobianas. Así mismo, la estructura y la densidad relativa de las poblaciones microbianas asociadas con los corales puede cambiar rápidamente después de alteraciones medioambientales. Ciertamente, la resiliencia térmica de los corales está íntimamente asociada con el tipo de zooxantela que llevan y, cuando coexisten más de una clase, a la relativa abundancia de los distintos tipos (Jones, A. et al., 2008). Finalmente, como se ha demostrado para el caso de *D. partoniana* y *V. shiloi*, los corales pueden hacerse resistentes a infecciones bacterianas. Así, un cambio en las densidades relativas de los microorganismos que residen simbióticamente con los corales puede ser un mecanismo adaptativo rápido y eficaz como respuesta a las infecciones.

Actualmente, el aumento global en los gases de invernadero y sus consecuencias sociales, económicas y medioambientales representan el mayor reto para la humanidad. La búsqueda de fuentes de energía alternativas y la moderación en el uso de combustibles fósiles requerirán una altísima capacidad de ingerir y, seguramente, será nuestra mayor preocupación en lo que resta del siglo. Aunque leves, las medidas de protección local contra la sobrepesca y polución de los arrecifes de coral ayudarán a ganar tiempo para los corales mientras hacemos un control efectivo de los gases de invernadero.

El aumento en la temperatura superficial del mar está directamente relacionado con el crecimiento de la susceptibilidad de los corales a otras enfermedades

## Referencias

- Ben-Haim, Y., Zicherman K., M., y Rosenberg, C. (2005, julio). "Temperature-Regulated Bleaching and Lysis of the Coral *Pocillopora damicornis* by the Novel Pathogen *Vibrio coralliilyticus*", en *Aquatic and Environmental Microbiology*, vol. 69, num. 7, pp. 4239-4247.
- Brino, J. F. et al. (2003, diciembre). "Nutrient enrichment can increase the severity of coral diseases", en *Ecology Letters*, vol. 6, num. 12, pp. 1056-1061.
- "Climate Change 2001: The Scientific Basis" (2001), disponible en [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/) (http://www.grida.no/publications/other/ipcc\_tar/), IPCC, TAR/WG1/index.htm, recuperado el 3 de marzo de 2008.
- Costanza, R. et al. (1997). "The value of the world's ecosystem services and natural capital", en *Nature*, vol. 387, pp. 253-260.
- Denner, E. et al. (2009). "*Aurantimonas corallicida* gen. nov., sp. nov., the causative agent of white plague type B on Caribbean scleractinian corals", en *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, vol. 53 (4), pp. 1155-1162.
- Díaz, I. M., Garrón-Ferreira, J. y Zola, S. (1999). *Los arrecifes coralinos de la isla de San Andrés, Colombia: estado actual y perspectiva para su conservación*, Bogotá, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Fine, M. y Stchemov, D. (2003, marzo). "Scleractinian Coral Species Survive and Recover from Decalcification", en *Science*, vol. 315, num. 5820, p. 1831.
- García, T. A. et al. (2009, agosto). "Long-Term Region-Wide Declines in Caribbean Corals", en *Science*, vol. 304, num. 5635, pp. 958-960.

- Garçon Ferreira, et al. (2001, septiembre), "Stony coral diseases observed in southwestern Caribbean reefs", en *Hydrobiologia*, vol. 460, num. 1-3, pp. 65-69.
- Hsieh-Guldberg, O. (1999, junio), "Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs", en *Marine Freshwater Research*, vol. 50, pp. 839-866.
- Jackson, J. (2008, agosto), "Ecological extinction and evolution in the brave new ocean", en *National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 105, pp. 11458-11465.
- Jones, A. et al. (2008, junio), "A community change in the algal endosymbionts of a scleractinian coral following a natural bleaching event: field evidence of acclimatization", en *Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 275, pp. 1359-1364.
- McCool, L.; Jompa, J. y Díaz-Pulido, G. (2000), "Competition between corals and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms", en *Coral Reefs*, vol. 19, num. 4, pp. 400-417.
- Pandolfi, E. M. y Jackson, J. (2006), "Ecological persistence interrupted in Caribbean coral reefs", en *Ecology Letters*, vol. 9, num. 2, pp. 818-826.
- Reshaf, L. et al. (2006, diciembre), "The Coral Proliferation Hypothesis", en *Environ. Microbiology*, vol. 8, num. 12, pp. 2058-2073.
- Richardson, L. et al. (1997), "Ecology of the black band disease microbial consortium", en *8th International Coral Reef Symposium*, vol. 1, pp. 597-600.
- Ritchie, K. y Smith, G. (1995), "Carbon-source utilization patterns of coral-associated marine heterotrophs", en *Journal of Marine Biotechnology*, vol. 3, pp. 107-109.
- Rosenberg, E. y Falkowitz, I. (2004, octubre), "The *Vibrio shiloi*/Ocellina patagonica model system of coral bleaching", en *Annual Review of Microbiology*, vol. 58, pp. 143-159.
- Rosenberg, E.; Kellogg, C. y Bishwe, F. (2002), "Coral Microbiology", en *Oceanography*, vol. 20, pp. 146-154.
- Santavy, G. L. y Peters, E. C. (1997), "Microbial pests: coral disease in the Western Atlantic", en *8th International Coral Reef Symposium*, vol. 1, pp. 607-612.
- Sebens, K. (1994), "Biodiversity of coral reefs: What are we losing and why?", en *American Zoologist*, vol. 34, num. 1, pp. 115-133.
- Sussman, M. et al. (2005), "The marine fireworm *Hermodice carunculata* is a winter reservoir and spring-summer vector for the coral bleaching pathogen *Vibrio shiloi*", en *Environmental Microbiology*, vol. 5, pp. 250-255.
- Wilkinson, C. (1999), "Global and local threats to coral reef functioning and existence: Review and predictions", en *Marine Freshwater Research*, vol. 50, pp. 867-878.



# MANEJO INTEGRADO DE SISTEMAS AGROFORESTALES (MISAF)

MARCO HELI FRANCO VALENCIA  
 Profesor asistente  
 Facultad de Agronomía  
 Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá  
[mhfrancov@unal.edu.co](mailto:mhfrancov@unal.edu.co)

## Introducción

Desde tiempos inmemoriales, la humanidad se ha defendido de la naturaleza, pero ahora la naturaleza tiene que ser defendida de la humanidad. En particular, los "bienes comunes" del planeta están en peligro: el Antártico, la base oceánica, los bosques tropicales y muchas especies animales y vegetales están amenazadas por el incremento de las industrias de pesticidas y la investigación en la búsqueda de nuevos insumos, mientras la atmósfera está sobrecargada con los residuos que dicho incremento deja tras de sí, y los efectos colaterales que acamea esta situación sobre la permanencia del hombre en el planeta.

Por esa razón desde las décadas de los años ochenta y noventa se ha visto el crecimiento constante de la conciencia ambiental global, expresada en muchos voces, que señalan las amenazas a la biosfera de la Tierra y el mal estado en el que se le entregará el planeta a las generaciones futuras. Se ha invocado el deber colectivo de preservar la "herencia común de la humanidad", y esto se ha vuelto una responsabilidad imperativa que agita diversas intenciones alrededor del mundo. Para el poder económico, atender la crisis de la naturaleza aparece ahora como un desafío de acumular e invertir en la búsqueda de tecnologías disponibles en forma amplia, que produzcan más de lo mismo, aunque con menos contaminación y con menos consumo de la naturaleza; el común denominador de estas estrategias radica en reducir al máximo la degradación ambiental a causa del crecimiento económico.

Los especialistas de diversas disciplinas presentan posiciones encontradas: mientras los ambientalistas quieren reformar el capital económico con el propósito de conservar la naturaleza, los economistas ahora quieren reformar la naturaleza con el propósito de conservar el capital.

En la actualidad los países industrializados están preocupados porque el modelo de la globalización no sólo afecta la dinámica de los mercados, sino que trae consigo dos de las más importantes amenazas que afectan dichos países: la inseguridad ambiental y la migración. El primero es comprendido como el resultado del resurgimiento de muchas naciones que reclaman el cuidado de la biosfera, mientras que el segundo es comprendido como el resultado de la creciente presión de la migración a los países desarrollados de grandes grupos de personas de los países del tercer mundo, donde se concentra la esperanza ambiental del globo.

En consecuencia, los conflictos de poder y las discusiones conceptuales no se han hecho esperar entre los países industrializados y los países del tercer mundo. Es reconocido que los mayores aportantes de contaminación al nivel de emisiones y extracciones a la naturaleza han sido los países desarrollados; de ahí se interpreta que el tipo de uso que dichos países han hecho sobre el espacio ambiental disponible está fuera de toda proporción, y que este estilo de influencia no puede generalizarse alrededor del globo. Es claro que debe trabajarse sobre la reducción de la "huella ecológica" que dejan unas sociedades sobre las otras.

Por otro lado, especialistas de diversas disciplinas presentan posiciones encontradas: mientras los ambientalistas quieren reformar el capital económico con el propósito de conservar la naturaleza, los economistas ahora quieren reformar la naturaleza con el propósito de conservar el capital. Sin embargo, la tensión entre la conservación de la naturaleza y la conservación del crecimiento, debe llegar a un punto de equilibrio concertado si queremos avanzar. Lo que se pretende mostrar en estas líneas sobre el Manejo Integrado de Sistemas Agropecuarios (MISA) son nuevos horizontes, nuevas alternativas de desarrollo agrícola más sostenibles. Este tema de la sostenibilidad ha recibido considerable atención en años recientes en la investigación agrícola y en las agencias de desarrollo.

## ¿Por qué un enfoque de sistemas?

Breché (1974), después de revisar veinticuatro definiciones de la literatura sobre sistemas, apropia la siguiente definición: "Sistema es un arreglo de componentes físicos, un conjunto o colección de cosas,



únicas o relacionadas de tal manera que forman y actúan como una unidad, una entidad o un todo." La historia del concepto de sistemas es casi tan vieja como el hombre mismo, pues siempre ha existido la necesidad de entender fenómenos complejos. En el presente siglo, la complejidad de los fenómenos que el hombre debe comprender para desempeñarse en una civilización, que a su vez evoluciona hacia una mayor complejidad, ha producido también mayor interés por el concepto de sistemas. Hoy, el concepto de sistemas se usa como herramienta de trabajo en todas las ciencias en general, incluidas las naturales y dentro de ellas las agropecuarias (Hart, 1983).

Los orígenes de la agricultura se remontan a la época neolítica, cuando el hombre inició los procesos de selección de especies vegetales y de domesticación de animales. Ello provocó una alteración sustancial de los modos de vida y una notable modificación de las estructuras sociales, pero también desencadenó una transformación deliberada del espacio natural para hacer frente a las nuevas realidades sociales, actuando sobre el medio natural, adaptándose al mismo en determinadas ocasiones, pero igualmente alterándolo y transformándolo para satisfacer estos intereses y necesidades de los grupos humanos.

Por ello, aunque la influencia de los factores naturales (clima, relieve, suelo, hidrografía, etc.) sobre la configuración de un sistema agropecuario es importante, no es la única, ni siquiera sus principales condicionantes, y debe ser considerada en correlación con la influencia de otros factores humanos de muy diversa índole (sociales, económicos, históricos, políticos, culturales, técnicos, jurídicos, etc.). Así, un sistema de producción agropecuario es el resultado de la ocurrencia de diversos factores entrelazados en forma muy íntima y que, además, deben ser analizados en sus interrelaciones recíprocas.

Adoptar un enfoque de sistemas es una decisión filosófica e implica cambios en la investigación agrícola; por lo tanto, un investigador debería analizar las implicaciones antes de tomar la decisión de adoptar o no dicho enfoque. La inquietud es: ¿qué ventajas ofrece el enfoque de sistemas a diferencia del enfoque tradicional?



Fotografía de www.enercomunicacion.com

La investigación agrícola tiene una larga trayectoria. Los agricultores han probado desde hace siglos diferentes alternativas y, en ese sentido, han realizado investigación agrícola desde los mismos inicios de la agricultura. Hace casi un siglo se sistematizó la comparación de alternativas, y así nació la investigación agrícola como hoy se conoce; las ciencias agrícolas aceptaron los mismos conceptos que las ciencias físicas y biológicas de la época.

Con el invento del microscopio, la investigación empezó a dar un mayor énfasis al enfoque atomístico; bajo este enfoque se analiza un fenómeno por un método que se basa en la descripción y el análisis de los elementos que forman dicho fenómeno. La esperanza fue, y para algunos todavía lo es, entender cómo funcionaban estos fenómenos sobre la base de un análisis de los componentes que forman los fenómenos de interés. Este enfoque atomístico todavía constituye el enfoque de la investigación tradicional. La organización de instituciones de investigación agrícola, aceptando como base el enfoque atomístico, casi siempre ha sido por disciplinas o por especies de cultivos y/o animales. Pero si hay algo que caracteriza la producción agrícola en las zonas tropicales, en comparación con las zonas templadas, es la alta complejidad e interacción entre los fenómenos agrícolas.

Muchos de los agricultores siembran, en un año, más de dos cultivos en una misma parcela, en rotación o en algunos casos intercalados; como no hay estaciones, los insectos, las enfermedades, las arvenses (las mal llamadas malezas) son elevados y la competencia biológica por lo general es muy alta. Además, muchos cultivos no sólo se utilizan para la alimentación humana, sino también para alimentación de otras especies animales. En muchas regiones existe una gran diversidad de tipos de

fincas; los agricultores pueden trabajar no sólo en su propia parcela, sino en otras fincas o, incluso, salir de la región para trabajar en otra zona. Esta múltiple interacción entre cultivos, suelos, arvenses, insectos, enfermedades, animales, fincas, etc., forma un proceso sumamente complejo, y más complejo aún por las condiciones tropicales.

Adoptar un enfoque atomístico, entender y mejorar este proceso es casi un absurdo. La razón principal para adoptar el enfoque de sistemas es simple: hay poca esperanza de entender los procesos agrícolas si se siguen estudiando solamente los detalles; y aunque la adopción de un enfoque de sistemas es una decisión filosófica, habida cuenta de las consideraciones anteriores, el enfoque en sí es mucho más que un concepto abstracto.

La historia del enfoque de sistemas, en síntesis, nació con la premisa de que la sola descripción de los componentes de un fenómeno no es suficiente para explicarlo; también se necesita saber la relación entre los componentes. En otras palabras, la función de un sistema depende de su estructura. El objetivo principal, al analizar cualquier fenómeno como un sistema, es entender la relación entre su estructura y su función.

## ¿Qué es el Manejo Integrado de Sistemas de Producción (MISP)?

Debería ser una preocupación de los productores agropecuarios, con respecto a sus sistemas de producción, buscar alternativas más racionales para la solución de las situaciones críticas que los afectan. La realidad del empleo indiscriminado de insumos y pesticidas así lo determina. Esta situación y las particularidades de la empresa agropecuaria, son motivos relevantes para desarrollar en nuestro trópico estrategias más sostenibles en el contexto del Manejo Integrado de Sistemas de Producción (MISP); es aquí precisamente en donde la agricultura tropical sostenible cobra plena vigencia y ratifica su validez. Ahora bien, ¿cómo la hacemos la siguiente pregunta: ¿qué es el MISP?

El MISP es la utilización armónica, económica y racional de diferentes prácticas tendientes a evitar que se cause un daño al sistema o se deterioren los recursos, que sea la base fundamental de la agricultura, para así obtener una óptima producción y seguir en la búsqueda del desarrollo sostenible y agropecuario que el país necesita. Dentro del abanico de posibilidades, con el fin de lograr un MISP, tenemos los Sistemas Agroforestales (SAF) y dentro de éstos, los Sistemas Silvopastoriles (SSP).

## Manejo integrado de sistemas agroforestales

Una de las prácticas agrícolas tradicionales que más destrucción causa a la reserva forestal del planeta es la de tumba y quema, conocida como agricultura migratoria. Este sistema se utiliza desde tiempos remotos, pero en la actualidad ocasiona pérdidas de aproximadamente diecisiete millones de hectáreas de bosque tropical por año. Sólo en la selva tropical amazónica se pierden alrededor de seis millones de hectáreas al año (Dale et al., 1993). En la secuencia del sistema de producción tradicional, el espacio tumbado es aprovechado con la siembra de algún grano básico anual. Con estos cultivos y sus tecnologías de producción, que no son las más apropiadas, el suelo sufre daños importantes como la rápida pérdida de nutrientes, que ocasiona el abandono de tierras para dar paso a pastizales o barbecho para su recuperación natural.

Los sistemas tradicionales de uso de la tierra en los trópicos han hecho más énfasis en la reducción de los riesgos de las cosechas, que en el logro de una producción óptima (aunque uno de los propósitos del modelo de "revolución verde" fue optimizar la producción). En consecuencia, los sistemas de cultivo y la cría de animales, especialmente en áreas poco fértiles o propensas a la erosión, incluyen asociaciones de varias especies, cultivos intercalados y esquemas de rotación complejos. Muchos de los sistemas no son suficientemente productivos como para satisfacer las necesidades crecientes de la

populación; por ello, se hace cada vez más necesario desmontarlos y mejorarlos, incorporando el uso de tecnologías apropiadas para hacerlos más productivos (Montagnini, 1992).

Por ello, en los últimos años se vienen desmontando tecnologías con el fin de mejorar los sistemas agroforestales. El interés que éstos han despertado desde el punto de vista científico se debe a la necesidad de encontrar opciones más acertadas para resolver los problemas de baja producción y degradación de la tierra del trópico. Los sistemas agroforestales pueden brindar una alternativa para el uso de los recursos naturales que aumente, o al menos mantenga, la productividad de la tierra sin causar degradación. Así, no es sorprendente el entusiasmo por estos sistemas de producción ante el avance constante de la deforestación y el deterioro ambiental; se ha reconocido que, con frecuencia, la incorporación de componentes arbóreas a los sistemas de producción contribuye a la recuperación y conservación de ecosistemas tropicales y áreas degradadas.

En Colombia, al igual que en los otros países tropicales, los modelos de producción están siendo escamados hacia la dependencia de tecnologías diseñadas para beneficiar a países productores de insumos químicos provenientes del petróleo. Esto recae en la explotación inercial del suelo (el cual tiene mayores índices de producción pero a un costo muy alto), la pérdida de fertilidad del mismo y otras tantas consecuencias que empobrecen al pequeño agricultor.

Cambiar este modelo de monocultivo conlleva a la generación de alternativas que estén más acordes con la situación económica del agricultor; una de estas es la agroforestería, que se refiere a sistemas y tecnologías de uso del suelo en los cuales las especies leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas, etc.) se utilizan en el mismo sistema de manejo con cultivos agrícolas y/o producción animal, en alguna forma de arreglo espacial o sucesión temporal (Nair, 1989).

Desde tiempo atrás se discute la colonización cultural que padecen los países en desarrollo, mediante la adopción ciega de hábitos y costumbres foráneas, que les ha impedido la utilización de recursos

adicionales, relegados a un último plano como cosas sin ningún valor. La agroforestería permite producir con los recursos disponibles del campesino, de tal forma que los miembros de la unidad familiar puedan mejorar sus condiciones de vida y consolidar una organización comunitaria fuerte.

Según Semarriba (1992), la "agroforestería es una forma de cultivo múltiple que satisface tres condiciones básicas: 1) existen, al menos, dos especies de plantas que interactúan biológicamente, 2) al menos uno de los componentes es una leñosa perenne y, 3) al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas (incluyendo pastos)". Además, diferentes autores mantienen a las interacciones como una característica principal de la definición de agroforestería. Debe considerarse que las interacciones se desarrollan en el tiempo y el espacio, lo cual afecta la magnitud de las mismas.

La agroforestería debe ser entendida como la interacción deliberada de árboles y cultivos (señales o perennes), plantas medicinales, industriales o pastizales y/o animales. Toda su línea de influencia y de operación teórico-científica proporciona la tecnología necesaria para dirigir la producción agrícola a la obtención de mejores niveles productivos en equilibrio con la naturaleza, sin descuidar en el proceso el quehacer y el devenir del hombre.

Los sistemas agroforestales (SAF) han sido clasificados de diferentes maneras, según su estructura en el espacio, su diseño a través del tiempo, la importancia relativa y la función de sus diferentes componentes, los objetivos de la producción y las características sociales y económicas prevalentes; pero según el International Council for Research in Agroforestry, (ICRAF, 1994) hay solamente dos tipos funcionales: el simultáneo y el secuencial. El SAF simultáneo es donde el componente arbóreo y el cultivo crecen al mismo tiempo y dentro de una proximidad para que las interacciones ocurran. En los SAF secuenciales, el máximo crecimiento ocurre en diferentes tiempos, a menudo ambos son sembrados en el mismo tiempo y están en una proximidad muy estrecha. Las interacciones entre el componente cultivo y árbol son minimizadas con el tiempo en el SAF secuencial (Budzinski, 1999). Otras clasificaciones se basan en la escala y en los objetivos de la producción: sistemas agroforestales comerciales, de subsistencia e intermedios.

Nair (1989) discute los principales criterios de clasificación de los sistemas agroforestales SAF (estructurales, funcionales, socioeconómicos y agroecológicos). Recomienda una clasificación en la que se tomen en cuenta los aspectos estructurales y funcionales como base para agrupar los sistemas en categorías: sistemas agroforestales (combinaciones de árboles con cultivos), sistemas silvopastoriles (SAF) (árboles con ganadería) y sistemas agroforestales (árboles con cultivos y ganadería).

Estas categorías se subdividen de acuerdo con criterios de arreglo espacial (sistemas mixtos densos, sistemas en franjas, etc.); de arreglo temporal (sistemas secuenciales, coincidentes, intercalados); funciones de los componentes (leña, forraje, cercos vivos, conservación de suelos, etc.); zonas agroecológicas donde se los practica (SAF para zonas de altura, para zonas semiáridas, etc.); y aspectos socioeconómicos (sistemas para altos o bajos insumos). De esa manera, la clasificación es dinámica y no meramente descriptiva.

El establecimiento de los SAF puede contribuir a solucionar problemas en el uso de los recursos naturales debido a las funciones biológicas y socioeconómicas que éstos pueden cumplir. La presencia de árboles favorece a los sistemas de producción en aspectos como el aumento del ciclo de nutrientes y el aumento en la diversidad de especies. El ciclo de nutrientes entre la vegetación y el suelo contribuye a mantener la productividad; al aumentar el número de especies, pueden coexistir plantas de diversos requerimientos nutricionales o especies que exploran diferentes horizontes del suelo (especialmente en zonas áridas), lo que permite un mayor uso de los recursos disponibles. Además, debido a la estructura vertical proporcionada por los árboles y otras especies leñosas, pueden convivir plantas con diferentes requerimientos de luz; así mismo, los árboles protegen el suelo de los efectos del sol, el viento y las fuertes lluvias que caracterizan a las zonas tropicales.

A pesar de que el uso de los SAF es una práctica de larga tradición, el interés académico por ellos es relativamente reciente y su estudio constituye una disciplina nueva; debido a su carácter

**Cambiar este modelo de monocultivo conlleva a la generación de alternativas que estén más acordes con la situación económica del agricultor; una de estas es la agroforestería.**





© Unsplash/Carina

interdisciplinario, la información referente a las diferentes áreas relacionadas con el tema tiende a estar dispersa y en muchos casos es de difícil acceso. Aun así, ha crecido enormemente el interés por los SAF, tanto como alternativas para proyectos de desarrollo como para proveer productos arbóreos, mantener la productividad a largo plazo y diversificar la producción en áreas tropicales.

Los SAF pueden aprovecharse en diferentes escalas, según el tamaño de las fincas y las circunstancias socioeconómicas de sus propietarios. En este último aspecto, se ha encontrado que la aplicación de las prácticas agroforestales puede ser efectiva desde el nivel del pequeño propietario (como en el caso de los huertos caseros mixtos), hasta las plantaciones forestales a grandes ganaderías pertenecientes a grandes empresas.

Las interacciones entre los componentes de un SAF, sobre y debajo del suelo, afectan primero (y más importante) la fertilidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno, mayor producción de materia orgánica, y reciclaje de nutrientes por medio de las leguminosas leñosas perennes. Segundo, la presencia de los árboles que actúan como barreras protectoras contra la erosión del suelo o como rompevientos.

Todas estas interacciones se relacionan con elementos climáticos. Sobre el suelo, en términos de interceptación de energía solar y de lluvia por el follaje de los árboles, que trae como consecuencia un cambio en la temperatura, humedad y velocidad del viento; y debajo del suelo, por la absorción de humedad y nutrientes por medio de las raíces de los árboles y cultivos, la microactividad biológica en el proceso de descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Se debe considerar que en todos los tipos de vegetación, la habilidad individual para crecer y reproducirse depende de su

capacidad para capturar recursos de su medio ambiente, a menudo en competencia con sus vecinos. Cuando interactúan varias especies, la competencia por recursos es inevitable, tanto debajo del suelo como sobre el mismo. Sin embargo, la competencia puede incrementar la producción para el sistema ya que puede ayudar a estabilizar las salidas cuando la adición de recursos es escasa (Montiel, et al., 1999).

Un SAF es dinámico en el tiempo y en el espacio, ya sea por la época del año, la fenología de los componentes (árbol-cultivo y/o animal) o las decisiones del productor. De allí se desprenden un sinnúmero de interacciones directas o indirectas que conllevan a una complejidad de análisis del sistema. Antes de tomar cualquier decisión, el finquero realiza un análisis cualitativo de interacciones, y la conclusión final dependerá del beneficio familiar que perciba con el manejo de las interacciones, generalmente partiendo de una base económica.

El potencial para manipular las interacciones ha sido explorado por granjeros de muchas partes del mundo, sobre todo en zonas agroecológicas donde la luz solar no es limitante, la precipitación es fuertemente estacional (pero no confiable dentro de la temporada), y los nutrientes usualmente son deficientes. En los SAF existen interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes. El propósito es lograr un sinérgico entre los componentes que genere mejoras netas en uno o más rangos de características como productividad y sostenibilidad, así como diversos beneficios ambientales y no comerciales. Como disciplina, el estudio de los SAF es multidisciplinario y a menudo involucra la participación de campesinos o agricultores en la identificación, diseño y ejecución de las actividades de investigación.

Desde la perspectiva ecológica, un cambio de esta clase en las costumbres de cultivar está relacionado con las vías por las cuales una planta individual (especie arbórea) puede afectar a sus vecinos (las especies del cultivo asociado) por modificación del ambiente. Las modificaciones pueden tener una consecuencia positiva para las plantas vecinas, debido al mejoramiento del ambiente, o una consecuencia negativa debido a efectos que deterioran el ambiente. Claramente el interés de moverse hacia una práctica agroforestal es el de maximizar las consecuencias positivas, de tal manera que se incrementen la productividad y la conservación de los recursos.

Aún cuando los SAF son modificadores o provocan disturbios en el ambiente y no pueden describirse como naturales, representan un avance sobre los marcadamente artificiales sistemas de producción monocultural y hasta una imitación de los ecosistemas naturales. Además, los SAF enfatizan en la diversidad de especies y la conservación de recursos. No es entonces inapropiado el uso de la teoría poblacional y la comunidad ecológica en estos sistemas productivos, aunque deben ser aplicadas cuidadosamente en relación con el agroecosistema.

Interpretando los conceptos socioeconómicos en términos ecológicos, en un SAF las salidas claves son: sobre rendimiento, reducción de la varianza de los rendimientos y mantenimiento de los recursos, las cuales pueden resultar de un incremento de la diversidad de las especies, tanto en el espacio como en el tiempo, propiciando su conservación.

Para conservar adecuadamente los recursos es necesario maniobrar dentro de los límites, las reglas, y los cambios, patrones y ambigüedades naturales. Maniobrar bien es conservar, mantener la dinámica de los sistemas vivos, es decir, no sólo es deseable sino también posible producir conservando y conservar produciendo.

## Referencias

- Becht, G. (1976, octubre). "Systems theory, the key to Polium and reductionism", en *BioScience*, vol. 74, num. 10, pp. 579-596.
- Budowski, G. (1993, septiembre). "The scope and potential of agroforestry in Central America", en *Agroforestry Systems*, vol. 23, num. 2-3, pp. 121-132.

El establecimiento de los SAF puede contribuir a solucionar problemas en el uso de los recursos naturales, debido a las funciones biológicas y socioeconómicas que éstos pueden cumplir.

Dale, V. H. et al. (1993). "Emissions of Greenhouse Gases from Tropical Deforestation and Subsequent Uses of the Land. (Appendix)", en *Board on Agriculture (BOA), Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics*, Washington, Academic Press, pp. 215-260.

Hart, R.D. (1985). *Agroecosistemas, conceptos básicos. Serie materiales de enseñanza N°1*, Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

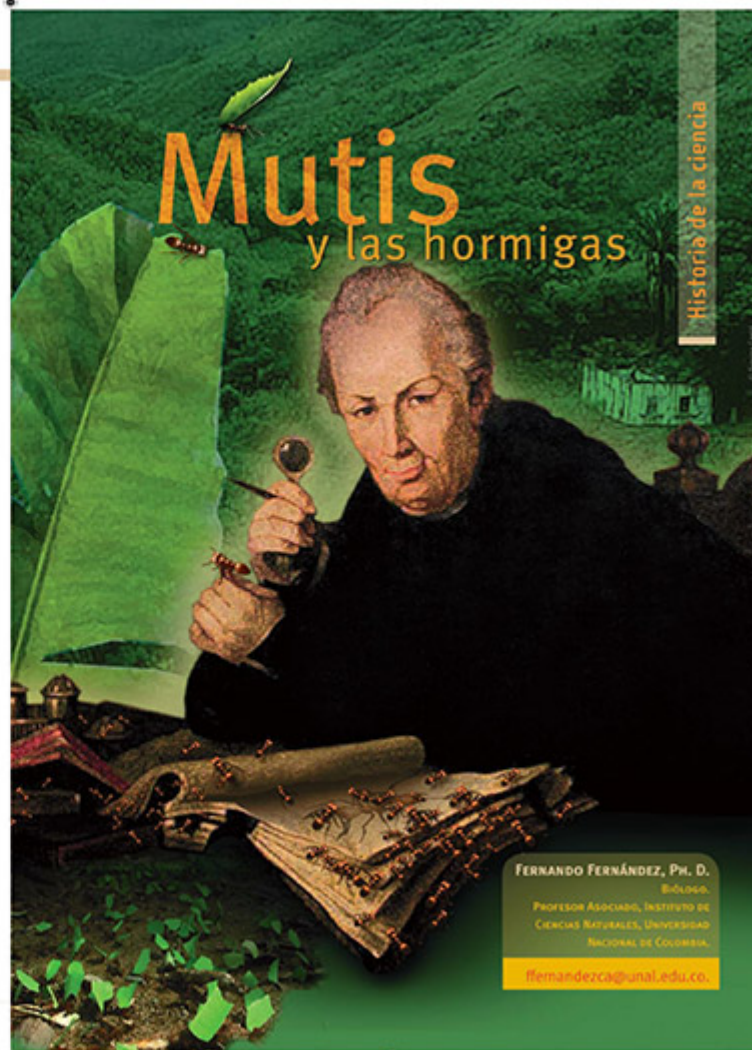
International Council for Research in Agroforestry (ICRAF), (1994). *Annual report 1993*, Nairobi (Kenya), ICRAF.

Montagnini, F. (1992). *Sistemas Agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos*, San José Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

Montagnini, F., Ogle, C.K. y Corlett, J.E. (1991). "Microclimatic interactions in agroforestry systems", en *Forest Ecology and management*, vol. 45, num. 1, pp. 31-44.

Nair, P. K. R., (1989). "Agroforestry defined", en Nair, P.K.R. (ed.), *Agroforestry Systems in the tropics*, Dordrecht (Netherlands); Boston, Kluwer Academic Publishers, en cooperación con ICRAF, pp. 13-18.

Somzambá, E. (1992, noviembre). "Revisiting the past: An essay on agroforestry definition", en *Agroforestry Systems*, vol. 16, num. 3, pp. 233-240.



Me amadísimos el caballo de Linneo, a quien respetaba como si hubiera sido mi preceptor, en su primera carta me pidió trabajase una memoria acerca de las hormigas de América. Mutis, carta a von Pajul

## Introducción

José Celestino Mutis (1734-1808), conocido como el Sabio Mutis, es una figura muy céntrica en Hispanoamérica principalmente por su famosa Expedición Botánica, iniciada en 1763, empresa que hizo historia en la cultura y la ciencia de la América y Europa de entonces e influyó en personas e instituciones que, de una u otra forma, han seguido con su espíritu de exploración y estudio de la naturaleza. Numerosos libros, memorias, biografías y eventos han enfatizado diversos aspectos de la vida y obra de este insigne personaje, cuyos intereses abarcaban las ciencias del espíritu y las "ciencias útiles" —como él mismo decía—; éstas, en campos como la medicina, la astronomía, la historia natural, las matemáticas, la mineralogía y la teología.

Mutis llega en 1760 a un mundo nuevo para los europeos, excitado por las historias de riqueza natural de las "Indias". Mientras muchos se embarcan a la aventura buscando ganancias personales, Mutis, viajando como médico del Virrey, aspira a otra clase de aventura: el descubrimiento de la naturaleza, tan rica y tan diferente a la europea. Numerosas crónicas habían escrito historias donde la fantasía y la realidad se mezclaban, y no hacían más que avivar la curiosidad del futuro naturalista. Al llegar a Nueva Granada, Mutis se topa con paisajes y tierras tremendamente ricas en flora, fauna y recursos, en contraste con el conocimiento de sus gentes, paupérrimo y sin perspectivas de cambio. Tiempo después de las exaltaciones de las épocas del descubrimiento de las Américas, Mutis se encuentra con una sociedad anquilosada, supersticiosa, que abemisa el campo y la selva y que todavía cree en monstruos e historias absurdas. El mismo Francisco José de Caldas se lamentaba de su entorno, que culturalmente vivía en "las tinieblas".

Este artículo es una contribución académica de las muchas que han salido a la luz en el bicentenario de la muerte del naturalista gaditano (11 de septiembre de 2008), que pretende realizar una pequeña exploración al mundo entomológico de Mutis, particularmente enfocada en su interés por las hormigas.

## Iniciación entomológica

En uno de sus escritos, Mutis dice que los insectos amarran toda su afición, sin detrimento de los demás ramos de la historia natural (Hernández de Alba, G., 1983a: 264). El tema de Mutis como estudioso de los insectos es, aparentemente, algo inexplorado. En parte puede deberse a la inexistencia de colecciones de estos artrópodos, tanto en los museos de Colombia o de España, así como a la carencia o poca difusión de dibujos o láminas de insectos tan magníficos como las de las plantas. Las propias colecciones de Mutis o de sus alumnos pueden haberse perdido inmediatamente, bien sea en los mismos lugares de acopio (Mutis se amargaba porque algunas de sus colecciones de hormigas eran destruidas por otras hormigas), o por los largos y azarosos caminos hasta la capital, el puerto de Cartagena y España. Lo mismo pudo haber ocurrido con sus notas.

Mutis pasa seis años, a partir de 1771, en el cerro El Sapo como mayordomo de las minas del mismo nombre. Allí registra cerca de 420 especies de plantas, más de 80 de animales (Chevremy, R., 1981) y 24 "grupos" (especies, formas) de hormigas. También escribe una Historia de las hormigas. Posteriormente se trasladó e inició la Expedición Botánica por una amplia área, entre los departamentos de Tolima y Cundinamarca. De allí salieron más observaciones que enriquecieron la percepción de la variada fauna de insectos y otros artrópodos de la región.

## Las hormigas

Mucho me deleito en tratar de las hormigas, pero aún mucho me falta por observar. (Diario, 8 de septiembre de 1771).

Es muy interesante que Carlos Linneo pidiese a su colega al otro lado del mundo, en su primera carta, hacer una "memoria" (sinopsis) de las hormigas de América. Al parecer Mutis se toma a pecho la solicitud, mostrándose después muy entusiasmado, pues la lectura de su Diario de observaciones es abundante en datos sobre hormigas. Distiuge hasta 20 especies (Hernández de Alba, G., 1983b).

Mutis escribe una primera memoria sobre las hormigas, desafortunadamente perdida (Pérez, E., 1983). En una segunda memoria establece el descubrimiento de la cópula entre los sexos y se lamenta de no estar al tanto de la literatura europea para contrastar sus observaciones (Hernández de Alba, G., 1983): 265-268.

Mutis reconoce que hay más hormigas en tierras bajas que en altas y concluye que las hormigas americanas son nuevas, al no ser las mismas de Europa.

A continuación se presentan interpretaciones y comentarios sobre algunas de las observaciones de Mutis sobre las hormigas, especialmente en sus años en El Sapo: "Desde mi llegada a este cerro, que podría con más justo llamarse Cerro de las Hormigas, más bien que de El Sapo, comencé a averiguar sobre la habitación de las [hormigas] pataxas" (Hernández de Alba, 1983a).

## 1. Legionarias

Este es uno de los grupos a los cuales Mutis le dedica más atención, junto con el de las arañas. Se trata de hormigas altamente depredadoras, de hábitos nómadas, que hacen nidos periódicamente con sus propios cuerpos, llamados viváculos. Corresponden a la subfamilia Ecitoninae y hay dos géneros que estuvieron bajo la mirada de Mutis: *Eciton* y *Lebilus*.

*Eciton* comprende hormigas más conspicuas, con soldados de prominentes mandíbulas que buscan su presa sobre la superficie. Mutis les da varios nombres, correspondientes a más de una especie, como cazadora leonada, pataxas o tambochas (este último es el que José Eustasio Rivera para la misma clase de hormigas en su libro *La Vorágine*). Las notas de su Diario de observaciones (Hernández de Alba, G., 1983a) muestran el gran interés del Sabio por este grupo de hormigas, quien no pierde oportunidad de observarlas, seguir las, acecharlas y afisbar cualquier pista sobre su comportamiento.

Son muy notorios sus apuntes del 1 de julio de 1771; ese día Mutis se dio a la tarea de hacer mediciones, cálculos y extrapolaciones para estimar los números de inmaduros y adultos de obreras que se dan en estos insectos. Calcula que el número de huevos no baje de 500 mil ni pasa de 800 mil, y que una "familia" de uno de estos hormigueros tiene más de tres millones de miembros. El descubrimiento del viváculo lleva al Sabio: "Y yo me retiré a notar estas reflexiones, gozosísimo de haber observado lo que tal vez no ha visto ninguno de los mortales..." (Hernández de Alba, 1983a). El sabio menciona que, al parecer, nadie antes había descubierto los viváculos de estas hormigas, ni tomado nota detallada sobre sus fascinantes hábitos. Los cálculos de Mutis no están lejos de la realidad, en los días del período de puesta, una reina de *Eciton burchelli* puede poner entre 300 mil y 500 mil huevos; en esta misma especie una colonia puede llegar a tener unas 200 mil hijas, y en *Lebilus* pueden existir en un momento dado más de un millón de hormigas (Hölldobler, B. y Wilson, L. O., 1990).

Los *Lebilus* son menos visibles que los *Eciton*. Mutis los llama guates y observa sus hábitos subterráneos, sus cuerpos rojos lustrosos y su mandíbula dolorosa. También habla de otras hormigas sin nombre, cercanas a las guates, delgadas, de cuerpos negros lustrosos, que marchan en falanges "como laardación de tres a cuatro varas" (Hernández de Alba, 1983a). Igualmente, establece su carácter nómada y su andar en filas con sus crías y presas.

El tema de Mutis como estudioso de los insectos es, aparentemente, algo inexplorado. En parte puede deberse a la inexistencia de colecciones de estos artrópodos, tanto en los museos de Colombia o de España.

• Hormiga  
Eciton hámatum.



Es probable que Mutis haya sido el primer europeo en notar el "síndrome nómada" en las hormigas. De acuerdo con William Göttsald (1995: 245), William Swainson escribió en 1835 acerca de una hormiga que "pance no tener habitación fija" en Sierra Leona, África. Swainson se refiere a las hormigas legionarias *Dorylus*, la contrapartida africana de nuestras *Eciton*. Sobre esta misma hormiga se referirá después Du Chaillu en 1861, al hablar de este insecto "como el más vanao que haya conocido" (Gowald, W. H., 1999). A partir de entonces, en las expediciones de muchos naturalistas, algunos famosos como Henry Bates o Thomas Belt, fueron haciendo más observaciones sobre estas notables hormigas, hasta que a mediados del siglo XX investigadores como Theodore Schönlank o Carl Bettemeyer estudiaron con detalle la compleja biología de estas hormigas (Hölldobler, B. y Wilson, E. O., 1990).

## 2. Arrieras

Uno de los grupos de hormigas más conspicuos en nuestros trópicos son las hormigas arrieras, cultivadoras y cortadoras de hojas, las Atta. En Colombia hay cuatro especies, y Mutis toma nota de al menos dos que él relaciona con los nombres de Linneo: *Atta cephalotes* y *Atta sexdens*.

Mutis observa que son plagas de sembraderos y graneros, que no apetece las hojas de los plátanos. Sus alidos, unos cerca de otros, tienen millones de habitantes "de cuatro a seis varas de diámetro, con galerías y cámaras, gusanos que se transforman en muelos o muletes destinados a la campaña y aleras que salen periódicamente, en lluvias, a propagar la especie" (Hernández de Alba, 1983a). Con esto Mutis nota las diferentes castas, los "neutros" que corresponden a las obreras (hembras infértiles) y las aleras (hembras aladas). También distingue al macho por su forma y sus hábitos, así como por la antena filiforme. Establece que hay comunicación entre ellas sobre fuentes de alimento por medio del contacto de sus antenas, su velocidad ("cincos varas por minuto"), así como su densidad: "mil por punto señalado". Una observación interesante de Mutis sobre esta hormiga es la habilidad de la hembra de quitarse las alas cuando se entienda para iniciar nido. Esto, aunque es común en las hormigas, no es fácil de ver o establecer.

Mutis no sólo se maravilla por la complejidad de estas hormigas, sino que comenta sobre el hábito de nativos de usarlas como alimento en "apetecidas fritadas", algo muy común y difundido actualmente

en el departamento de Santander con las "hormigas cuónas", que son las hembras vírgenes de estas especies.

Así como el naturalista habla de las maravillas de estas hormigas, es consciente de su importancia como plaga y calcula los costos de su control usando agua o fuego, lo cual implica unos dos pesos por tratamiento. Es interesante leer también en las anotaciones de Mutis sobre una especie de control natural de los daños de la hormiga, cuando refiere que un conocido suyo utiliza la práctica de sembrar yuca junto al maíz, para "distrer a la hormiga pelando yuca" y minimizar daños al maíz (Hernández de Alba, 1983a).

Otras de las numerosas hormigas observadas por el naturalista poseen nombres como *ayaso* y *alera*, parecen tratarse de *Cephalotes*. En la categoría de hormigas bíscuchuelas y de muerte, Mutis agrupa varias hormigas, algunas pequeñas y oportunistas, quizás *Pheidole* y *Paratrechina*, y otras discretas, como la misma *Cephalotes*. No se le escapan las hormigas alargadas *Tripteris* conocidas como "hormigas de la vira santa", asociadas a este árbol y de dolorosa picadura: se trata de las hormigas *Pseudomyrmex*. Menciona también a una hormiga pequeña, oportunista, plaga casera, de olor a almizcle, quizás alguna *Dolichoderine* o *Formicose*.

Además, el gaditano se refiere a las avispas que tienen aspecto de hormiga como la cacotaya, que "pica como aviga, negra y amarilla, con mandaza atravesada". Quizás haya visto y haya sido víctima de la dolorosa picada de las hembras sin alas de las avispas alquiladas *Mutillidae*, que semejan hormigas en su aspecto general.

## 3. Las castas

Mutis estuvo muy interesado en el tema de las diferentes formas que conviven en un nido, lo que ahora llamamos castas. Un nido típico de hormigas posee a su reina, la hembra fértil que normalmente es la única que pone huevos fértiles; su cohorte de hijas infértiles llamadas obreras y en algunas especies obreras grandes especializadas en la defensa; sus soldados, y en ocasiones machos, de presencia efímera en los nidos. A esto hay que agregar los huevos, las larvas y las pupas que constituyen la parte de la ceba de la colonia.



• Hormiga Atta  
arrieras.

**Una observación interesante de Mutis sobre esta hormiga es la habilidad de la hembra de quitarse las alas cuando se entierra para iniciar nido. Esto, aunque es común en las hormigas, no es fácil de ver o establecer.**

Mutis pudo, gracias a continuas observaciones, distinguir al macho y a la hembra, en parte, por la forma de cada uno y, en parte, por haber observado en algún momento a un par en cópula. Además de las hembras y los machos, distinguió a los **espadones**, como "cuidadores de propagación" y "cuidadores dentro de la colonia (que salen si hay necesidad, como respuesta a un ataque)" (Hernández de Alba, 1983a). También habló de **maguates capitanes** y **plebeyos** que pueden diferenciarse por la "división" de trabajo.

En el sistema de castas, Mutis menciona una serie de nombres más o menos sinónimos, como "sucesos" para las reinas, "cabeceros" o "caposoles" para los soldados, y "neutros", "muleros", "exploradores", "balidones", "cubiculadas", "camaristas" y "plebeyos" para las obreras. Se observa que algunos de estos términos obedecen a aspectos de comportamiento como por ejemplo, "exploradores" o "balidones" haciendo referencia a las legiónarias "neutras" para las que tienen incapacidad de reproducción, y "plebeyos" tomando en cuenta la jerarquía en el nido.

Mutis habla de su "sistema" en el que distingue a las hembras por sus tres "puntitos" en la cabeza, es decir, los ocelos. En las hembras diferencia a las aladas "propagadoras" y las que ya no tienen alas, pero poseen "abdomenes hinchados" y se dedican a la puesta de huevos. Estas últimas son las reinas.

## Valoración

La lectura general de las notas de Mutis deja una multitud de datos valiosos que, condensados y escritos en forma integrada, habrían podido gestar una verdadera entomología tropical, equiparable a la *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes* de René Antoine Ferchault de Réaumur, y una nueva historia de las Hormigas. ¿Por qué no tuvimos tales libros? Justamente por el mismo motivo de Mutis, el de ser el Sapo. Sus responsabilidades eran múltiples. Tenía que verse con temas que hoy en día abarcaría un grupo interdisciplinario. Si ahora se armara una expedición para ir a El Sapo, ésta debería tener uno o varios botánicos, zoólogos, entomólogos y geólogos. En El Sapo, Mutis tomó notas precisas en su Diario gracias a la relativa soledad del lugar, pero pudo hacerle menos en Mariquita por la responsabilidad de la Expedición, y mucho menos en la ya bulliciosa Santafé de Bogotá. No tenemos su *Flores de Bogotá*, o un tratado zoológico, o una entomología del Nuevo Reino ni sus preciadas *Memorias de las Hormigas*, simplemente porque no tuvo tiempo.

Mutis se deleitaba en la observación de los insectos, como lo expresa claramente. En particular, consideraba un deber sagrado escribir la *Memoria de las Hormigas*, siguiendo la solicitud de su amigo y guía Carlos Linneo. Escribió una primera memoria que desafortunadamente desapareció. En sus Escritos editados por Guillermo Hernández de Alba en 1983 queda un embrión inconexo de ideas sueltas que apuntan a reescribir la *Memoria perdida*. Nada nos ha quedado, ni colecciones o restos de las mismas, ni dibujos tan preciosos como sus láminas botánicas.

Establecer equivalencias entre sus observaciones y los nombres actuales de los insectos no es fácil. Esto se puede hacer en buena parte con los animales vertebrados, e incluso Enrique Pérez (1987) apunta que las observaciones de Mutis de una fauna y flora otrora ricas nos puede mostrar grupos ya extintos en el actual Tolima, como los cañiches abundantes por aquella época en El Sapo.

Mutis habla de un "sistema de caracteres" para entender y ubicar la complejidad de las hormigas, lo que sugiere un orden o una lógica en su mente para clasificar a estos insectos. Quizás tal sistema estaba bosquejado en la *Memoria perdida*, o hará parte de su prometida nueva *Memoria*. El lenguaje de su Diario es unas veces cándido, ingenuo, a veces poético, anticipando al poeta de los insectos, Jean Henri Fabre, escribe sobre un grupo de belicosas hormigas: "...ahuyentar al contrario o morir es la ley que se han fijado; ninguna sabe desentender ni volver la espalda; es fácil matarlas, pero no imponerles miedo" (Hernández de Alba, C., 1983a: 249).

Llama la atención la notable desigualdad en el uso de los nombres científicos y categorías taxonómicas para plantas y animales. Para los insectos, Mutis usa indistintamente los términos familia, casta, género



Hormiga Leblond.



Hormiga Pseudomyrmex o "hormiga de la casa blanca".



Hormiga Atta, o "cultura", como se le nombra comúnmente en Colombia.

o estirpe para referirse a lo que ahora llamamos especie. No parece tener la intención de distinguir una especie particular (que él reconocía bien) con la categoría ya establecida por su venerable preceptor a distancia, Línneo. Mientras Mutis es prolijo y detallado en los nombres científicos de plantas, no lo es así en los de los insectos. El Sabio menciona la edición de 1766 del *Systema Naturae* de Línneo, lo cual, además de la correspondencia con el autor, podía darle la oportunidad de usar nombres para sus insectos y hormigas con más generosidad. ¿Era consciente de que las faunas del trópico americano y las del Viejo Mundo eran tan diferentes que no valía la pena usar estos nombres?

**Mutis consideraba un deber sagrado escribir la Memoria de las hormigas, siguiendo la solicitud de su amigo y guía Carlos Linneo.**

Leer algunas descripciones de Mutis en su *Diario* nos muestra una buena capacidad de observación y de detallada escritura. En el primer volumen del mismo dedica dos páginas y media para describir a una obrera de hormigas (que ahora llamamos *Cephalotes*). El detalle de tal descripción contrasta con las descripciones antiguas, pobres y breves (a veces sólo un par de renglones) que plagaban las páginas de la taxonomía de las hormigas, incluso hasta las primeras décadas del siglo XX. Si taxónomos de hormigas tan ilustres como Gustav Mayr, Auguste Forel o Félix Santschi hubieran leído descripciones como las de Mutis y seguido su estilo, la taxonomía de estos insectos hoy en día sería más limpia.

La estancia de José Celestino Mutis en Tolima le permitió diferenciar una veintena de especies (Fernández y Wilber, 2008), algunas corresponden a especies de hormigas, como las dos clases de ameras. En otros casos, una misma especie conspicua de hormigas recibe varios nombres, como la *Eciton burchelli*. Otras muy pequeñas reciben nombres colectivos, como las *brachymeras*, que seguramente agupan varios géneros y especies. Otras se habrán extinguido, como la mencionada *Eciton*, que parece no haberse coleccionado en visitas de campo recientes.

## Un legado olvidado

Yo no hallé en los cuatros naturalistas ni una sombra de lo mucho que hay que saber en punto a Hormigas.  
Hernández de Alba, G., 1983a: 399.

Mutis fue un buen observador y, digamos de paso, descriptor de insectos. Tenía a su favor vivir en "la república de las hormigas", con abundancia de estos insectos y otros artrópodos; además disponía de todo el tiempo para, por ejemplo, detenerse un día cualquiera a observar un nido con detalle. Tenía a su hotelero y otras gentes a su disposición, entre ellos su amigo naturalista. También poseía un microscopio que, a juzgar por algunas de sus observaciones, tenía la potencia suficiente para ver detalles importantes como el número de segmentos antenales y el número de palpos maxilares.

Sobre su biblioteca sabemos que tenía unos docecientos libros, entre ellos el *Systema Naturae* de Línneo, pero no sabemos cuál fue su biblioteca entomológica. Ya hemos visto que para la época se habían publicado algunos libros que más o menos resumían el saber de los hábitos de los insectos; sin embargo, al desconocer cuáles fueron consultadas por Mutis es difícil destacar sus observaciones originales. A juzgar por varias lecturas de su *Diario* y afirmaciones como el epígrafe de este apartado, Mutis considera que hay mucho de original en sus observaciones de campo. Esto sugiere que sus libros zoológicos eran escasos o trataban con poca extensión el tema de la entomología. Mutis menciona a Reaumur como una de sus fuentes; sus *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes* se publicaron entre 1734 y 1742 en seis volúmenes con dibujos acertados y atención a la forma y a la función de los insectos, pero no es claro si Mutis tuvo algunos volúmenes en su biblioteca, y se sabe que no pudo beneficiarse de la memoria sobre las hormigas de Reaumur, ya que fue publicada después de la muerte del autor.

La primera memoria sobre las hormigas escrita por Mutis se perdió en el camino y, al parecer, nunca hubo una segunda. Hay un bosquejo de ideas para "servir" a una memoria de las hormigas, pero es sólo eso, un bosquejo a un tema mayor (Hernández de Alba, G., 1983b). Al leer su *Diario* es obvio que Mutis



tuvo en su mente un sistema de caracteres y un sistema de clasificación de las hormigas, quizás algo que hubiera sido parte de su gran memoria. Pero no hay rastros de cartas o escritos con tales sistemas explicados. Si Mutis hubiese escrito sus sistemas, aplicado nombres (bien sean de Línneo o propios, o ambas cosas) y, sobre todo, si hubiera publicado, con seguridad tendría un sitio de importancia en

• Carlos Linneo (1707-1778). Científico, naturalista, botánico y zoólogo sueco que sentó las bases de la taxonomía moderna.

la historia de la entomología y la mimecología. Lastimosamente, sus afanes por crear la memoria de las quinas o la flora de Bogotá y sus múltiples ocupaciones le impidieron concretar en papel tales proyectos. La responsabilidad de ser El Sabio, el Oráculo de la oscurantista sociedad neogranadina, fue a su vez el principal obstáculo para llevar a cabo sus deseos.

¿Dejó Mutis discípulos en la entomología o la mimecología? Jorge Fadro Lozano y Fray Diego García fueron los "zoológicos" de la Expedición, pero al parecer sus intereses se centran en la conspicua fauna de los vertebrados. En el libro sobre Fray Diego, "el primer zoológico de la Expedición" apenas hay tres menciones sobre las hormigas (Mantilla y Díaz-Piedrahíta, 1993). Y de entre los seguidores y admiradores de Mutis, parece que no hubo ninguno que se contagiara de su amor y pasión por los insectos en general, o las hormigas en particular.

Como un pequeño homenaje a la memoria de este desconocido entomólogo (y particularmente mimecólogo), por una parte se ha descrito una nueva especie de hormiga del género *Pheidole* con el nombre del ilustre Sabio *Pheidole mutisi* (Fernández y Wilson, 2008). De otro lado, los profesores Edgardo O. Wilson y José María Gómez-Durán, rescatan en un libro, para el mundo no hispano, la labor de Mutis y las hormigas (Wilson, E. O. y Gómez-Durán, J. M., 2009).

• Escultura de una hormiga de Menoires pour servir a l'histoire des insectes de René Antoine Ferchault de Blainville, publicada entre 1724 y 1728.



## Referencias

- Echeverry, R. (1983). *El discurso de Mutis por el departamento del Tolima antigua provincia de Mariquita*. Bogotá, Colciencias.
- Fernández F., Wilson E. O. (2008). "José Celestino Mutis, the Ants, and *Pheidole mutisi* spn", en *Revista Colombiana de Entomología*, vol. 34(1), pp. 203-208.
- Gossard, W. H. (1995). *Army ants: The biology of social predation*. Ithaca, Cornell University Press.
- Hernández de Alba, G. (ed.). (1983a). *Diario de observaciones de José Celestino Mutis (1760-1790)*, vol. 1. Bogotá, Instituto Colombiano de Cultura Hispánica.
- \_\_\_\_\_. (1983b). *Escritos científicos de Don José Celestino Mutis*, volumen I, Bogotá, Instituto Colombiano de Cultura Hispánica.
- Holdobler, B. y Wilson, E. O. (1990). *The Ants*. Cambridge, Harvard University Press.
- Mantilla, L. y Díaz-Piedrahíta, S. (1993). *Fray Diego García, su vida y su obra científica en la expedición botánica*. Bogotá, Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Enrique Pérez Arbeláez No. 7.
- Pérez, E. (1983). *José Celestino Mutis y la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada*. Bogotá, Instituto Colombiano de Cultura Hispánica.
- Wilson, E. O. y Gómez-Durán, J. M. (2009). *Marvelous ants in the New Kingdom of Granada: The lost treasures of José Celestino Mutis (1732-1806)*. Nueva York, Knopf.



ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA  
EL AVANCE DE LA CIENCIA - ACAC

38 años

# PROGRAMACIÓN 2009

## PROGRAMA ENCUENTRO CON EL FUTURO

Marzo 6 a junio 5 de 2009 (1 semestre).  
Viernes 9:00 a.m. Biblioteca Luis Ángel Arango. Entrada libre.

**IV ENCUENTRO CIENCIA Y ARTE: El arte comunicando ciencia**  
7 y 8 de mayo de 2009. Alianza Colombo Francesa.

**DIPLOMADOS EN INVESTIGACIÓN: Formulación y gestión de proyectos**  
ACAC en convenio con el Instituto Pensar, Universidad Javeriana.  
Inicio: 3 de abril de 2009.

**DIPLOMADO EN COMUNICACIÓN DE LAS CIENCIAS EN LA EDUCACIÓN**  
ACAC en convenio con el Instituto Pensar, Universidad Javeriana.  
Agosto de 2009.

**SEMINARIO TALLER EN BIOTECNOLOGÍA**  
17 y 18 de abril de 2009.

**SEMINARIO TALLER TEATRO Y CIENCIA**  
Mayo de 2009.

**SEMINARIO TALLER FÍSICA MODERNA**  
Julio de 2009.

**XI EXPOCIENCIA EXPOTECNOLOGÍA 2009 EN "EL AÑO INTERNACIONAL DE LA ASTRONOMÍA"**  
Bogotá, Coferías, 19 al 25 de octubre de 2009.

**PREMIO NACIONAL AL MÉRITO CIENTÍFICO**  
Apertura convocatoria: 11 de mayo.  
Cierre convocatoria: 9 de octubre.  
Ceremonia de entrega: 25 de noviembre.

**PROGRAMA ENCUENTRO CON LAS CIENCIAS**  
Primeros martes de cada mes.  
6:00 p.m. Entrada libre.

**VACACIONES conCiencia Y CAMPAMENTOS CIENTÍFICOS**  
Junio y diciembre de 2009.

**PASANTÍAS CIENTÍFICAS**

**CLUBES DE CIENCIAS**

**CORREO DE LA CIENCIA, TUTORÍAS CIENTÍFICAS**



## Novedades editoriales



**ALFONSO BORRERO CASAL, S.J.**  
**La Universidad: estudios sobre sus orígenes, evolución y tendencias.**  
 Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana, 2008.  
**Pope Luis Bernabé Páez Borrero.**  
 Licenciado en Filosofía y Letras,  
 Magister en Educación,  
 Editor, investigador y profesor  
 universitario.

La obra del padre Borrero, recientemente editada por la Editorial de la Universidad Javeriana, está compuesta por siete tomos (más de cuatro mil páginas) que recogen sus enseñanzas en el Simposio Permanente sobre la Universidad, que él mismo creó y dirigió durante 36 años de magisterio incansable. Pretender dar cuenta, en unas cuantas cuartillas, de una obra tan extensa y de tanta hondura como

ésta no sería justo ni respetuoso con el autor ni con los lectores. Lo más que puede hacer una reseña es dar una idea general de la obra y llamar la atención sobre algunos aspectos centrales que el reseñador encuentra especialmente valiosos para los lectores interesados en indagar sobre el desarrollo y el destino de la institución universitaria.

Los libros son una edición póstuma de las "conferencias", nombre que se les dio coloquialmente a los textos que el autor escribía, a manera de partituras para sus intervenciones en el simposio, y que reescribió permanentemente, a medida que indagaba y profundizaba en el estudio de los temas; partituras que cobraban vida con su palabra y su gesto inconfundibles.

Muchos se preguntarán por qué, en las casi tres décadas que dedicó al simposio, el padre Borrero nunca hizo una edición formal de su obra. Había en él una cierta resistencia a que su pensamiento quedara fijado, de una vez por todas, en la solemnidad propia de un libro impreso. Por eso prefería hacer ediciones económicas, de unos cuantos ejemplares, que pudieran revisarse en la siguiente reimpresión (prueba de esto son las distintas versiones de las conferencias que reposan en la biblioteca de la Universidad Javeriana). Y cuando por fin, en los últimos años de su vida, accedió a trabajar en la edición de sus libros, todavía seguía estudiando y revisando el texto original.

Una aclaración importante, que conviene tener en cuenta para la cabal

comprensión del pensamiento escrito del autor: en su versión original, cada conferencia constituía una unidad en sí y estaba encuadrada por separado. Así las leímos quienes fuimos del simposio. Cuando las escribió originalmente, el padre Borrero nunca las pensó como capítulos de un libro. No eran piezas sueltas, sino módulos, por decirlo así, que si bien tenían una unidad propia, sólo encontraban todo su sentido en la arquitectura conceptual que el autor hacía explícita en la exposición oral. Sólo entonces, los que a simple vista parecían ser hilos sueltos iban tomando forma en una trama en la que se cruzaban "las hilaturas interdisciplinarias de la historia de la universidad como institución; la historia y la filosofía de la ciencia; la historia de las políticas de la educación en todos sus niveles y proyecciones sociales; la administración y sus estructuras [...] y las implicaciones políticas, sociales, económicas, financieras y legislativas de la educación." (Tomo I, p. 14). La organización en tomos, que se ha seguido como criterio para la edición, responde a una lógica más bien temática, que no era la del simposio. Los textos, que en la edición impresa aparecen agrupados bajo un mismo tomo por sus afinidades temáticas, en la dinámica del simposio se entrelazaban alrededor de núcleos problemáticos, más que seguir un orden temático lineal.

Consecuente con su postulado de que "el concepto de universidad no es una idea absoluta de especulativa

construcción, ni factor eterno e inmutable de la vida social [sino] un devenir sólo explicable con ayuda de la historia" (Tomo I, p. 231), el padre Borrero hace una síntesis de este devenir, de la mano de los más reconocidos estudiosos del fenómeno universitario. Pero, en lugar de hacer una historia de la universidad, el autor utiliza la historia como andamiaje narrativo para amar la arquitectura de su exposición y para evitar el error de estudiar el desarrollo de la universidad como un concepto abstracto, aislado del medio social en el que ésta se amaga y se despliega. La historia es también una manera de hacer más inteligibles acontecimientos difíciles de comprender para el lector moderno, y de aceptarlos "con respeto porque eran otros tiempos."

En el primer tomo, el padre Borrero hace un profundo análisis de los orígenes y la esencia de la universidad medieval: el significado institucional, corporativo y científico de la palabra universitas, los diferentes tipos de universidades y las instituciones o principios de su organización administrativa y académica; sus notas o características institucionales como entidad corporativa, universal científica y autónoma, "suficientes para distinguirla de cualquiera otra corporación"; las funciones, la misión, las formas de gobierno, la estructura académica y administrativa de la universidad primitiva. Dedicó especial atención a examinar los rasgos de la pedagogía medieval, preludio de la

filosofía escolástica y del seminario alemán, así como el papel que en ella tuvieron el libro, la lectura, y las collationes, esa "conversación reposada entre maestro o alumnos, o modo del seminario en donde todos sientran una o más ideas" (Tomo I, p. 293). Consciente de que la universidad no es sólo academia, Borrero cita también una simpática semblanza de los primeros estudiantes universitarios, su vestimenta, la forma como vivían, los juegos, la bohemia y los primeros conflictos estudiantiles por causa de los enfrentamientos de los estudiantes con la burguesía y las autoridades civiles y eclesásticas.

Como un preámbulo a los ensayos que dedicará a analizar en profundidad los distintos modos de ser universitario, en los tomos II y III, el autor examina exhaustivamente los fundamentos filosóficos, jurídicos e históricos propuestos por autores como Diderot, Giner de los Ríos, Moberly, Farmer y Henríquez Ureña, como criterios para establecer una tipología de las universidades a partir del siglo XIX. Después de analizar las distintas tipologías, Borrero las resume en tres modelos o modos primarios de ser universitario: el francés, profesionalizante, el alemán, investigador, y el inglés, educador, de los que se derivan el ruso, el norteamericano y el soviético. El segundo tomo de la obra está dedicado a los tres modelos clásicos, mientras que en el tercero se explican los modelos derivados, llamados también

"emergentes", en los cuales se incluyen las universidades de África, de Asia y de América Latina.

El autor alerta, sin embargo, sobre el peligro de tomar estos modos o modelos de universidad "como paradigmas imitables porque sí", o como esquemas vacíos y descontextualizados de la realidad en la que existen. "Los modelos -advirtió- son hechura de un país y su cultura. Y si [éstos] no son intercambiables como cartas de baraja, tampoco los modos del ser universitario." (Tomo II, p. 253). Con el fin de ayudarle al lector a hacer su propia síntesis y recordarle "la responsabilidad universitaria de pensar, juzgar, sintetizar y escribir", el padre Borrero concluye el capítulo 2 de este segundo tomo con un ingenioso "juego de reflexión sobre los modelos universitarios" que le ayudará al lector a formarse un juicio sobre su propia institución.

El interés del padre Borrero por los movimientos estudiantiles se refleja en los escritos que dedicó a este tema, que ocupan todo el tomo IV de la obra. En él hace un recuento de las crisis universitarias durante los siglos XIX y XX; su significado, sus causas y circunstancias, así como sus expresiones en Europa, Estados Unidos y América Latina, incluye un estudio especial sobre los movimientos estudiantiles en Colombia, a partir de las primeras décadas del siglo XX, en uno de cuyos episodios participó, siendo por

**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: (+57) 563 126



Retrato al óleo del padre Alfonso Borrero Cabal.

entonces estudiante de arquitectura en la Universidad Nacional. Fue en la manifestación estudiantil del 20 de febrero de 1944. "Armado de cortos bolillos de guinebo, desfilé desde la sede de El Siglo, en la Capuchina, hacia el Palacio de Justicia [...]. Cercados por la policía los manifestantes en la Plaza de Bolívar, no fueron pocos los universitarios contusos. Pregúntenselo al autor de estas páginas." (Tomo IV, p. 186).

El tomo V, en mi opinión uno de los más ricos en pensamiento educativo, contiene una compilación de ensayos que el padre Borrero escribió como producto de su permanente inquietud por las nuevas tendencias y enfoques de

la educación y sus implicaciones para la universidad: el currículo visible y el currículo oculto, la interdisciplinariedad, la educación no formal y permanente, la ciencia, la tecnología y la informática, un tema que —como le confesó al autor de esta reseña— continuaba estudiando, cuando lo sorprendió la muerte. Es uno de los más lúcidos de estos ensayos defende la tesis de "una educación en lo superior y para lo superior" como "un concepto a su vez a las altas calidades de toda educación como hecho individual, social y universal, compatible con los niveles primario y secundario" (Tomo V, p. 18) y que, por lo tanto, no es privativa del nivel superior únicamente, como algunos estudiosos

del fenómeno universitario lo sostienen. "Toda educación —escribe entrelas líneas— impulsa hacia lo superior". Demuestra cómo, históricamente, los pueblos que alcanzaron un alto grado de madurez en su desarrollo espiritual se propusieron metas educativas superiores, más allá de la simple instrucción o el entrenamiento. Esto lo lleva a hacer un recorrido por la historia de la educación en China, India, Japón, Egipto y Persia, que culmina con la política griega y el humanismo cristiano.

En este tomo se encuentra una de las más bellas páginas que el Maestro Borrero escribió, consagrada precisamente a la figura del maestro, y que no ocultan su carácter autobiográfico. Vale la pena extraer de ellas aunque sea algunos pensamientos deshilvanados:

"Nació nace del todo. El nacimiento natural es el ingreso a la vida. La educación continúa el proyecto hacia la eternidad, y el maestro, aunque fallecido, subsiste como permanente guía de espíritu. Ser maestro no es un grado académico otorgado tras discusiones ni depende de exámenes y concursos. Nadie llega a ser maestro por designación rectoral, ni por voto electorero o acuerdos de consejos administrativos. El maestro adquiere su dignidad y preeminencia por reconocimiento de sus pares y acatamiento de sus alumnos." (Tomo V, p. 86-87).

Los tomos VI y VII reúnen los ensayos que el autor escribió sobre la organización y la administración universitarias, tres de los cuales quisieramos destacar en esta reseña: el debate sobre el nivel postsecundario, el capítulo sobre las estructuras académicas y el capítulo sobre la autonomía universitaria. En el primero de estos ensayos, el autor explica el surgimiento de los sistemas postsecundarios como una consecuencia del fraccionamiento de la educación superior, de la diversificación de las profesiones, la estructura cambiante

del empleo, las políticas de desarrollo económico, la demanda creciente por acceder a la educación superior y la necesidad de diferenciar la función particular de cada institución. Y concluye, con latencia, que si bien la universidad es la institución principal de la educación superior, también existen otras instituciones superiores de propósitos más específicos.

El autor escribe su estudio sobre las estructuras académicas en una doble perspectiva: por un lado, examina su desarrollo histórico, desde el nacimiento de las primeras universidades, hasta el surgimiento de nuevas unidades académicas; por otro, intenta una teoría sobre la organización académica universitaria. En una serie de esquemas explicativos, uno de sus recursos pedagógicos preferidos —que define como una "concepción teórico-gráfica"— va explicando, una por una, las distintas formas como se componen y se organizan las unidades académicas, desde las

estructuras más sencillas hasta las más complejas. Mucho más interesante era verlo —como lo recuerda Carlos Cuatrecasas en *Pasión por la universidad: Años sobre la obra del P. Alfonso Borrero, SJ*— frente a un pliego en blanco, recién descolgado, marcado en mano, aproximarse hacia él con garbo, paso lento y seguro, hasta estampar sin dudar los trazos de figuras y palabras, era todo un espectáculo, todo un ejemplo para el aprendiz de docente.

La defensa de la autonomía como principio configurador del ser universitario fue una preocupación permanente en la vida del padre Borrero. La autonomía griega del saber, por encima de la política y de los intereses administrativos y financieros, pero no como un poder absoluto, sino como autonomía relativa al todo social, sujeta a límites extremos y a los fines sociales. Aunque es un tema que se filtra por todas las páginas, a manera de eje que atraviesa toda su obra, la tercera parte

del tomo VI contiene un análisis profundo sobre el ejercicio de la autonomía universitaria en la actualidad.

La obra del Padre Alfonso Borrero es un testimonio vivo de su pasión por comprender los orígenes, la naturaleza, el desarrollo y el destino de la institución a la que dedicó toda su vida, como sacerdote, profesor, decano y rector. Un ejemplo de su infatigable búsqueda de la verdad, con la actitud humilde del sabio, siempre dispuesto a aprender en el diálogo permanente, respetuoso y crítico a la vez, con los cientos de autores de los que se nutrió su pensamiento, por qué no decirlo, de su extraordinario vigor intelectual, que lo mantuvo estudiando y escribiendo, incansable, aun en medio de las contradicciones y de la enfermedad. Fue un gran estudioso, pero no para atesorar el conocimiento, sino para entregarlo a manos Benas a sus discípulos y como un reto para que continuaran la obra que él dejó iniciada.

## Exposiciones BLAA

**Artes: Cuadernos de América Latina**  
del programa Escuelas Abiertas  
Marzo 31 - mayo 31

**Maestro Armando Silva**  
Colección Jorge Ramos y Arce, Nueva Legación Italo-Paraguaya  
Calle 4 de mayo al 5 de febrero entre España y Bolívar, Bogotá

**Asamblea porfirista: El viaje fotográfico del legendario fotógrafo Richard Owen Schell**  
Marzo 31 - mayo 31

**Museo de Arte del Banco de la República, Plaza Bolívar**  
Miércoles, 10 de mayo, 4 y 6 p.m.  
Viernes, 12 de mayo, 12 p.m., 2 y 4 p.m., 4 y 6 p.m.  
\*No es necesario reservar con anticipación.  
\*Entrada gratuita para grupos de niños y jóvenes.  
\*Reservaciones con número 312 616 de entre semana entre 9 a 11 a.m.

**Imagen Regional**  
Banco de la República, Plaza Bolívar  
Marzo 31 - mayo 31

**Colección Landolt y Gubler (1934-1992)**  
147 fotografías, tres diapositivas de Guy Walker  
Bicentenario de la creación de la ciudad de Bogotá

**Museo de Arte del Banco de la República, Plaza Bolívar**



# Sitios web



## Acienciasgalilei

[www.acienciasgalilei.com](http://www.acienciasgalilei.com)

Sitio pensado para estudiantes y profesores de ciencias donde se encuentran videos, recursos multimedia, artículos, biografías y páginas recomendadas en química, física recreativa, matemáticas y astronomía. También se encuentran noticias, un blog sobre ciencia y foros de ciencias y educación, y de resolución de problemas. Las direcciones directas para entrar a física recreativa y química son:

### Química

<http://www.acienciasgalilei.com/indicederqui.htm>

En esta página se hallan importantes temas de química como la tabla periódica: desde símbolos, pesos atómicos, densidades y configuraciones electrónicas de todos los elementos, hasta nomenclatura inorgánica y videos sobre números cuánticos. También se pueden encontrar problemas de química que se resuelven en foros y una interesante colección de libros electrónicos disponibles.

### Física recreativa

[http://www.acienciasgalilei.com/fis/fis\\_recreativa0.htm](http://www.acienciasgalilei.com/fis/fis_recreativa0.htm)

Con entradas a ondas y energía, electromagnetismo, gravitación, mecánica, laboratorio casero, termodinámica e hidrostática, en esta página se intentan aplicar las leyes físicas a sistemas naturales, utilizando las matemáticas con lógica e imaginación. Se trata de que las leyes dejen de ser de Newton, Galileo, etc., para pasara a ser, en su conocimiento, de todos y cada uno de nosotros. Un intento por transmitir la belleza que tiene esta disciplina tan descostada e incomprendida.



## Wikilengua

[www.wikilengua.org](http://www.wikilengua.org)

### Ayuda

Una wiki es un sitio web cuyas páginas pueden ser editadas por múltiples voluntarios por medio del navegador. Los usuarios pueden crear, modificar o borrar un mismo texto que comparten. En este caso, se trata de una wiki dedicada al español, de tal manera que es un apoyo interesante para autores, traductores, editores, lingüistas, correctores de estilo, profesores, estudiantes, periodistas y, en general, a todas las personas interesadas en la lengua.

## Cambio climático

[www.cambio-climatico.com](http://www.cambio-climatico.com)

Esta es una página dedicada a todo lo que tiene que ver con el cambio climático, entendido como el cambio de clima atribuido directamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial. Aquí se hallan los convenios internacionales sobre el tema, las bases científicas que sustentan los pronósticos catastróficos si no se detiene el uso de combustibles fósiles y la producción de gases de invernadero, foros de discusión, noticias y blogs especializados en este tema.

## UWM

[www.uwm.edu/Library/special/exhibits/insects/](http://www.uwm.edu/Library/special/exhibits/insects/)

Special Collections (en inglés) es una colección de la Universidad de Wisconsin, Milwaukee, (UWM) constituida por una amplia serie de documentos que forman parte de los Archivos y Colecciones Especiales de la División de Bibliotecas, UWM. Estas colecciones prestan apoyo a un gran número de actividades de investigación y enseñanza en las artes, las humanidades y las ciencias sociales.

Áreas de especial interés de las colecciones incluyen historia de la enfermedad de América; el arte y la arquitectura; la historia de la aviación; el trabajo y los movimientos radicales; la literatura de los nativos americanos; y Estudios Sobre la Mujer, UWM, entre otros.



