



# Innovación y Ciencia

Volumen XX • N° 2 • Tarifa postal reducida 2013 - 194 • Colombia \$ 13.000

Bolívar y la ciencia



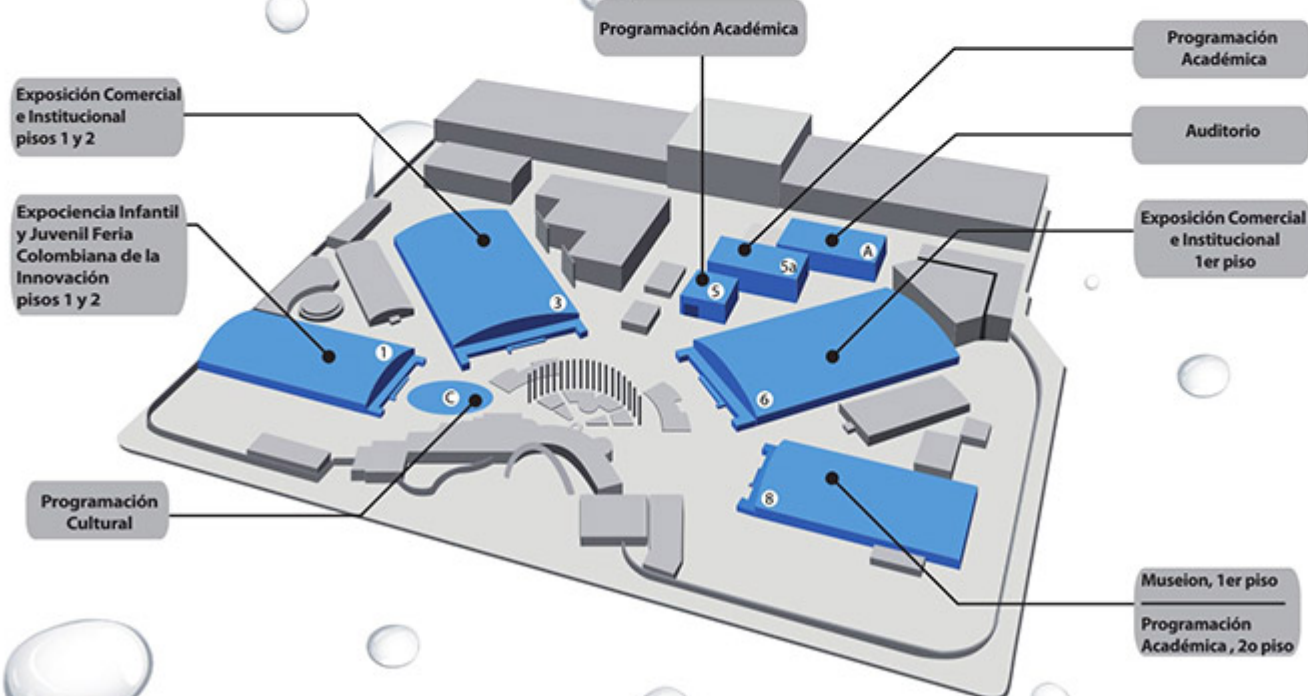
ASOCIACIÓN COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

# XIII EXPOCIENCIA EXPOTECNOLOGÍA 2013

OCT. 28 / NOV. 03  
CORFERIAS - BOGOTÁ  
C O L O M B I A

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, entidad privada sin ánimo de lucro, que desde hace 42 años trabaja por el fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia, presenta en el "Año Internacional de la Cooperación en la Esfera del Agua", la **XIII Expociencia Expotecnología 2013**, la feria más importante que en este campo se realiza desde 1989.

La **XIII Expociencia Expotecnología 2013**, que se llevará a cabo del 28 de octubre al 3 de noviembre, propone crear espacios de participación para el sector empresarial, académico, educativo, científico y tecnológico, a través de la puesta en común de propuestas y proyectos innovadores y desarrollos científicos y tecnológicos que contribuyan al desarrollo integral del país y al bienestar de los colombianos.



## REVISTA INNOVACIÓN Y CIENCIA

VOLUMEN XX N° 4- 2013

### PUBLICACIÓN DE:

Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC

### JUNTA DIRECTIVA ACAC

Eduardo Posada Flórez

Marcelo Riveros Rojas

Helena Groot de Restrepo

Elena Evgueniévna Stachenko

Rubén Ardila Ardila

Sonia Esperanza Monroy Varela

Horacio Torres Sánchez

Moisés Wasserman Lerner

María Mercedes Zambrano Eder

Academia Colombiana de Ciencias Exactas

Físicas y Naturales - ACCEFYN

Universidad El Bosque

Instituto Alexander von Humboldt

Centro Interactivo Maloka

### PRESIDENTE

Eduardo Posada Flórez

### DIRECTORA EJECUTIVA

María Piedad Villaveces Niño

### EDITOR

Germán Cubillos Alonso

### COORDINACIÓN EDITORIAL

Asociación Colombiana para

el Avance de la Ciencia, ACAC

### COMITÉ EDITORIAL

Eduardo Posada Flórez

María Piedad Villaveces Niño

Marcelo Riveros Rojas

María Fernanda Gutiérrez

Elizabeth Castañeda

Germán Puerta Restrepo

Eduardo Rueda Barrera

Sergio Torres Arzayús

### CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL

José Antonio López Cerezo

Alejandro Franco García

### DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Andrés Camilo Alvarado

### CORRECCIÓN DE ESTILO

Jesús Luis Mendoza Chamorro

### FOTOGRAFÍA

Autores y Banco de imágenes

### IMPRESIÓN

Nomos Impresores

### COMERCIALIZACIÓN

Departamento de Mercadeo de ACAC

### INDEXADA

LATINDEX (Incluida en el Sistema Regional de Información en línea para las Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal)



### CARÁTULA

*Ceras y Unos.*

Composición digital: Andrés Camilo Alvarado

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

### DERECHOS RESERVADOS

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

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

Resolución Ministerio de Gobierno No. 5447 del 9 de octubre de 1992

ISSN 0121-5140

Tarifa postal reducida: 2013-194 4-72. La Red Postal de Colombia, vence 31 de diciembre de 2013

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

Teléfonos: 3150734 – 3155900 Fax: 2216950

Sede Académica ACAC Carrera 29 N° 39A-75, Barrio la Soledad

Teléfonos: 2682350 - 2446575

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

Bogotá, D.C. – Colombia

Precio de venta al público: \$13.000

Suscripción (4 números al año): \$55.000 para Bogotá,

\$65.000 fuera de Bogotá.

## Ganadores Premio Nacional al Mérito Científico

La narrativa a través de los ojos del jurado: Primer premio a la innovación infantil y juvenil "agua y ciencia".

MARÍA FERNANDA GUTIÉRREZ

8



## Vistazos

La narrativa a través de los ojos del jurado: Primer premio a la innovación infantil y juvenil "agua y ciencia".

MARÍA FERNANDA GUTIÉRREZ

12



## Información digital

El Arte de hacer "Ceros" y "unos"

LUCERO ALVAREZ MIÑO

16



## Biología

Control natural con hongos nativos sobre Nematodos dañinos a plantas

NADYA LORENA CARDONA BUSTOS

28



## Educación

Ciencia y Juego: Descubriendo el proceso Científico

SERGIO TORRES ARZAYÚS

36



## Salud pública

El metapneumovirus humano, una amenaza adicional para los niños

LILIA JADITH BERNAL CEPEDA

JAIME E. CASTELLANOS

26



# Sumario

Innovación y Ciencia Volumen XX N° 4 - 2013

- Encuestas** ◀ ..... ▶ **44**  
El metapneumovirus humano, una amenaza adicional para los niños  
LILIA JADITH BERNAL CEPEDA  
JAIME E. CASTELLANOS
- Publirreportaje** ◀ ..... ▶ **54**  
Una mirada actual a la resistencia de *Plasmodium Falciparum* a los antimaláricos en Colombia y en el mundo
- Publirreportaje** ◀ ..... ▶ **22**  
Agromapas, una solución geográfica para el sector agropecuario colombiano
- Publirreportaje** ◀ ..... ▶ **28**  
Celuagronet, una estrategia de información gratuita para el desarrollo rural colombiano
- Fotografía** ◀ ..... ▶ **36**  
Ver para conocer, conocer para preservar  
JUAN DAVID DUEÑAS BARROS



**L**a reforma constitucional de 2011 estableció que el 10% del total de las regalías anuales se destinaran a proyectos de ciencia, tecnología e innovación. Esta disposición representa un avance importante, pues con estos nuevos recursos, desde entonces, el sector cuenta con una financiación cercana al 0,6% del PIB. Sin embargo, han sido muchas las críticas que por parte de la comunidad académica y científica ha recibido el nuevo sistema. Unos dicen que no es sostenible hacer reparticiones para “regiones del país que no cuentan con la infraestructura ni con el talento humano necesario y suficiente para la investigación y la innovación” ; otros, han manifestado que la convivencia del sistema nacional de regalías con el sistema de ciencia, tecnología e innovación es inviable pues el primero está subsumiendo al segundo<sup>2</sup>. También se debe reconocer que en este momento existe ya un número de proyectos en ejecución que esperamos tengan el impacto esperado.

Con el fin de conocer la opinión de la comunidad científica en torno a la implementación de los recursos de regalías para proyectos de ciencia, tecnología e innovación, en noviembre del año pasado, ACAC envió una encuesta a sus asociados. Los resultados de este ejercicio se presentan en este número de la revista, de los cuales los más importantes para destacar son: el 89% de los encuestados considera positiva la reforma que destina recursos del Sistema General de Regalías para inversiones de ciencia, tecnología e innovación; pero, el mismo 89% considera que la divulgación que han hecho las autoridades ha sido insuficiente para permitir que los investigadores presenten proyectos al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.

Una de las preguntas con mayor puntaje fue esta: ¿Cree usted que es necesario que la comunidad científica lidere un proceso para reenfocar la asignación de recursos para inversiones de ciencia, tecnología e innovación? La respuesta fue positiva en el 93% de los casos. Ante una respuesta tan contundente, la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia ha decidido estructurar una propuesta de reforma a la Ley de regalías y presentarla a las autoridades del sector, a los congresistas y a los candidatos presidenciales. Con ello se busca que la comunidad científica pueda manifestar su interés y preocupación sobre la forma como se ha divulgado la normatividad para solicitar recursos que financien inversiones en ciencia, tecnología e innovación, y asimismo, sobre los viacrucis que han tenido que vivir quienes han solicitado recursos de regalías para sus investigaciones. Para ello, tendremos un foro abierto en nuestra página web [www.acac.org.co](http://www.acac.org.co), a través del cual esperamos que todos nuestros lectores participen con sus aportes en la medida en que vayamos estructurando el proyecto de ley.

**Eduardo Posada Flórez**

Presidente

**María Piedad Villaveces Niño**

Directora Ejecutiva

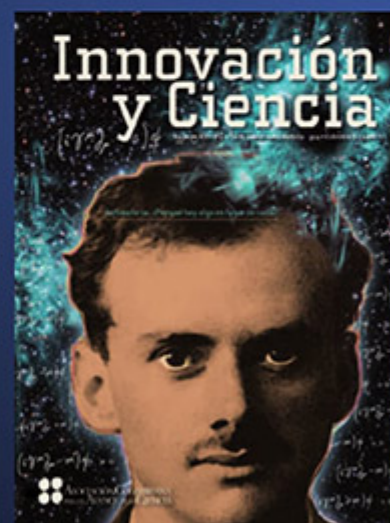
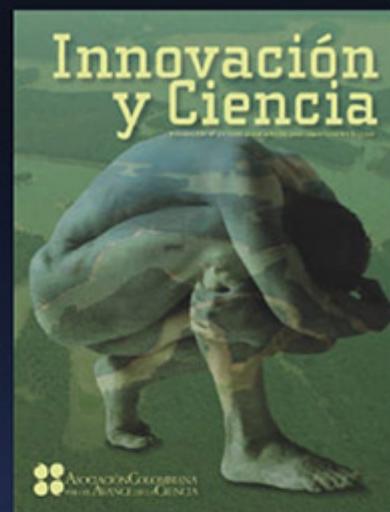
# Suscríbase a la Revista Innovación y Ciencia

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, entidad privada sin ánimo de lucro, que desde hace más de 41 años trabaja por la ciencia, la tecnología, la sociedad y la innovación en Colombia, publica trimestralmente su revista *Innovación y Ciencia*, cuyo objetivo primordial es informar en un lenguaje sencillo los últimos adelantos realizados por importantes científicos e investigadores del país y del mundo.

Esta publicación, que circula desde 1992, con un tiraje de 5.000 ejemplares, está dirigida a empresarios, profesionales, científicos, docentes, estudiantes, y en general a todos los lectores no especializados que buscan una ilustración seria, amena y accesible sobre estos temas.

## Precios

- Valor de la suscripción por un año, fuera de Bogotá \$80.000, incluye costo de envío.
- Valor de la suscripción por un año, para Bogotá \$74.000, incluye costo de envío.
- Consignación en: **BANCO DE OCCIDENTE CUENTA DE AHORROS N° 26880746 - 8**, (formato recaudo en línea) a nombre de La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, solicitamos enviar copia de la consignación con el sello del banco legible al telefax (1) 221 9953.
- Usted puede cancelar también con tarjeta débito o crédito.



Publicación de la

## Informes

Teléfonos: 2682350 - 2446575

Publique en

# Innovación y Ciencia



## Especificaciones para la presentación de artículos a la revista

**I**nnovación y Ciencia es una revista de divulgación de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, cuyo objetivo es dar a conocer las investigaciones científicas que se desarrollan en Colombia y los avances en ciencia y tecnología de nuestro país y de América Latina. Necesariamente, en un mundo globalizado, se busca también la divulgación de la ciencia que se desarrolla en otras regiones del mundo.

El contenido de la revista depende de la generosidad intelectual de los investigadores y académicos, quienes envían espontáneamente sus artículos. También, permanentemente la revista envía invitación a participar en sus páginas a universidades y centros de investigación. Los artículos, ensayos, reseñas, noticias y fotografías que se publican corresponden a temáticas de ciencias naturales, ciencias sociales y humanas, tecnología, política científica y tecnológica, historia de la ciencia, educación y epistemología. El tercer número de cada año, que circula en septiembre, es un número especial dedicado a un solo tema que se anuncia en el primero, que circula en abril.

### POLÍTICA EDITORIAL

Los escritos que llegan a la revista son revisados en primera instancia por el editor, quien, si lo considera necesario, le sugiere al autor cambios o complementos necesarios antes de enviarlos al Comité Editorial. Este es el encargado de realizar la evaluación de los escritos y, según el grado de especialización, lo envía a evaluadores expertos siguiendo las tradiciones internacionales de anonimato e independencia. Las sugerencias de este proceso de evaluación se le envían al escritor quien tendrá plena libertad de acogerlas o no. La versión final será revisada nuevamente y se tomará la decisión de publicar o no el escrito. Cuando la revista toma la decisión de publicar un escrito, éste se somete a una rigurosa corrección de

estilo de acuerdo con las normas del español, particularmente las de la Real Academia de la Lengua. Puesto que las comunidades científicas involucran cierta terminología especializada, muchas veces no reconocida aún en español, después de la corrección de estilo el escrito vuelve al autor para su aprobación general, correcciones puntuales y sugerencias.

Puesto que la revista pretende que cada número refleje el interés de la ACAC por acoger una diversidad intelectual y científica, los artículos no se publican por orden de aceptación sino atendiendo al equilibrio temático.

La comunicación de los autores con la revista se da a través del editor quien expresa la posición de la revista y la opinión del Comité Editorial.

### ESPECIFICACIONES

#### *Temas*

Ciencias naturales, ciencias sociales y humanas, tecnología, política científica y tecnológica, historia de la ciencia, educación, epistemología.

#### *Escritos*

Artículos y ensayos de alrededor de 10 páginas tamaño carta en letra Arial 12, a doble espacio (excluyendo ilustraciones y cuadros). Notas cortas, noticias científicas y reseñas de libros de alrededor de 4 páginas.

#### *Lenguaje*

- Claro, ágil y de fácil comprensión para el lector no especializado. Evitar la terminología técnica y sustituirla por su equivalente en el lenguaje cotidiano. Si no es posible, dar una definición sencilla entre paréntesis o entre comas. Por ejemplo: "...en general se registra taquipnea (respiración rápida), cianosis (coloración azulosa de mucosas y partes más claras de piel)...".

- Evitar, hasta donde sea posible, el uso de expresiones y demostraciones matemáticas, así como el uso innecesario de formulaciones químicas.
- Es importante que el título sea atractivo además de significativo.
- Cuando se incluyan siglas o símbolos, la primera mención debe decodificarse; ejemplo: "En medicina humana se ha acuñado la expresión ARDS (del inglés: Adult Respiratory Distress Syndrome)".
- Sólo deben usarse abreviaturas y expresiones matemáticas en casos estrictamente necesarios.
- Las ecuaciones y fórmulas deben generarse desde un archivo de Word.
- Todo cuadro, figura o ilustración debe estar traducida al español.

#### Envío

Por correo electrónico o en CD, en formato Word. Si se usa otro formato, es necesario el envío también en formato Word.

#### MATERIAL GRÁFICO

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

- Fotografías en versión digital de alta resolución (300 dpi) en formato tif, jpg o eps.
- Si no es posible el material digital, entonces fotografías originales en papel fotográfico o diapositiva de muy buena resolución.
- Los esquemas gráficos explicativos en formato digital deben estar generados en Corel, In Design, Illustrator u otro programa de lenguaje vectorial.
- Las tablas o recuadros sin demasiadas columnas. (Generados en Word o en los programas vectoriales arriba señalados).
- Los archivos de imagen que necesariamente ilustran el texto deben estar guardados en una carpeta aparte del archivo de texto en Word, aunque deben ir insertos también en este para facilitar su ubicación.
- El material fotográfico no debe ser tomado de libros, revistas o internet sin autorización expresa de los editores y debe indicarse la autoría y la fuente. Del material recibido se seleccionará el de mayor calidad para su publicación.

#### Referencias

En el texto, las referencias se deben citar con el sistema autor-fecha (apellido del primer autor, inicial del nombre, la fecha de publicación, dos puntos y número de página. (La revista dispone de un documento sobre este tema que se le puede enviar a los autores que lo soliciten: *Citas, notas y bibliografía*). El listado de referencias se debe organizar en orden alfabético, con el siguiente formato:

Cita de artículo de revista científica:

Lee, M. R., Ho, D.D., Gurney, M. E. (1987), "Functional interaction and partial homology between human immunodeficiency virus and neuroleukin", *Science* 237: 1047 – 1051.

Cita de Libro:

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

#### Resumen

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

#### IDENTIFICACIÓN DEL AUTOR

- Nombre
- Títulos
- Cargo Actual
- E-mail
- Dirección postal

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.

La revista *Innovación y Ciencia* está indexada en Latindex: Sistema de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. UNAM, México

Asociación Colombiana

para el Avance de la Ciencia, ACAC

Calle 44 N° 45 - 67 Unidad Camilo Torres

Bloque C • Módulo 3

Fax: 2216950 • 2219953 • Tels: 3155898 • 3150734

innovacionyciencia@acac.org.co

Bogotá, DC, Colombia



# Ganadores Premio Nacional al Mérito Científico

## ACAC PREMIA LA LABOR DE INVESTIGADORES COLOMBIANOS



*Comunicado de Prensa*  
*Noviembre 28 de 2013*

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, entrega cada año desde 1990, el Premio Nacional al Mérito Científico, un reconocimiento a la importante labor de investigadores que permanentemente aportan al país nuevos y valiosos conocimientos en torno a la ciencia y la tecnología.

El jueves 28 de noviembre en las instalaciones del Planetario de Bogotá, ACAC entregó el Premio Nacional al Mérito Científico 2013 a:

- **Categoría Vida y Obra:**  
Dr. Pedro Antonio Prieto Pulido.
- **Categoría Investigador de Excelencia:**  
Dr. Juan José Amar Amar  
Dr. Antonio de Jesús Iglesias Gamarra.
- **Grupo de Investigación de Excelencia:**  
Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales de la Universidad de Antioquia PECET.
- **Categoría Divulgación de la Ciencia**  
Dra. Elizabeth Gutiérrez.
- **Categoría de Innovación:**  
Dr. César Carlos Carriazo Escaf.

El jurado de este año estuvo conformado por reconocidos investigadores y científicos colombianos, quienes destacaron la calidad de todos los postulados este año en las diferentes categorías, lo que hizo difícil su labor pero que ratificó la importancia de los premios que otorga ACAC, entidad que año tras año despliega una continuada labor, gran dedicación y constancia para exaltar a las personas, grupos y entidades que vienen trabajando en pro del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia.

## GANADORES AL PREMIO NACIONAL AL MÉRITO CIENTÍFICO 2013

### Categoría Vida y Obra: Pedro Antonio Prieto Pulido



Físico de la Universidad Nacional de Colombia, Magíster Scientiae, Dr. rer.nat. RWTH-Aachen de la Universidad de Aquisgran, Alemania; Post- Doctorado: Centro de Investigación FZ-Jülich y Centro de Investigación y Desarrollo - SIEMENS-Perlach, Alemania; Post-Doctorado: Universidad de California San Diego, California, Estados Unidos.

Elegido por su significativa contribución al conocimiento universal, sus reconocimientos nacionales e internacionales y su aporte a la formación científica de más alto nivel en los jóvenes colombianos.

### Categoría Investigador de Excelencia: Juan José Amar Amar



Psicólogo y sociólogo, Doctor of Philosophy in counseling Psychology (Doctor of philosophy in counseling psychology). Es PhD con grado mayor en psicología Social, Master en Artes con grado Mayor en Psicología Educativa; Magister en metodología e investigación educativa a nivel universitario.

Reconocido por su trayectoria investigativa y sus aportes a la generación de conocimiento en diferentes campos de aplicación de la psicología, destacándose sus trabajos sobre primera infancia en contextos vulnerables.

### Categoría Investigador de Excelencia: Antonio de Jesús Iglesias Gamarra



Médico Internista, inmunólogo y reumatólogo.

Durante la época de los 90 fue director del Instituto Nacional de Salud, donde apoyo las luchas contra la desnutrición y el raquitismo en zonas indígenas del país.

Coordinó junto con la Organización Panamericana de Salud los esfuerzos del país para mitigar y controlar la epidemia de Cólera en 1991.

Nombrado por presentar importantes servicios al país. Se ha constituido en un referente para la investigación Colombiana, durante su administración en el Instituto Nacional de Salud, fortaleció la revista Biomédica, que años después sería la primera revista indexada internacionalmente en el país.

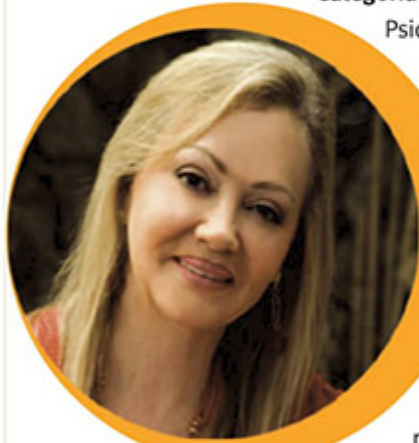
**Grupo de Investigación de Excelencia fue para el Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales de la Universidad de Antioquia PECET.**



Este grupo de investigación multidisciplinario ha recorrido por más de 20 años toda la geografía colombiana trabajando con poblaciones indígenas y campesinas para estudiar las enfermedades que sufren con el fin de diseñar medidas de prevención y control de las mismas.

El trabajo de campo con comunidades étnicas representa una innovación en la formulación de campañas y planes de trabajo, ya que, utiliza herramientas pedagógicas en doble vía que relaciona el saber ancestral con la aplicación de métodos diagnósticos y preventivos tradicionales y científicos de la leishmaniasis.

**Categoría Divulgación de la Ciencia: Elizabeth Gutiérrez Flórez**



Psicóloga Clínica de la Universidad San Buenaventura de Medellín. Especialista en Educación Sexual de la Universidad de Medellín. La doctora Gutiérrez se destaca por su trayectoria profesional en el campo de la psicología y la sexología, proyección importante hacia la comunidad en el área de la sexología clínica, pionera en la inclusión de esta cátedra en las universidades regionales, participante como conferencista en congresos nacionales e internacionales en el área educativa y de la sexología, investigadora, presidenta y fundadora de gremios orientados hacia su disciplina, que la han hecho acreedora de diferentes distinciones a nivel regional e internacional por su trayectoria profesional.

**Categoría de Innovación: César Carlos Carriazo Escaf**



Médico de Universidad del Norte. Especialista en Oftalmología en Clínica Barraquer. Sub-especialidad en cirugía refractiva e investigaciones especiales en el Instituto Barraque de América. Cuenta con 9 patentes de reconocimiento mundial en el desarrollo de técnicas y tecnologías aplicadas a la oftalmología. Fundador y director científico del centro oftalmológico Carriazo en Barranquilla y miembro titular de la Sociedad Americana de Catarata y Cirugía Refractiva



# Vistazos

## La narrativa a través de los ojos del jurado: Primer Premio a la Innovación Infantil y Juvenil "Agua y Ciencia"

MARÍA FERNANDA GUTIÉRREZ

Profesora Titular.

Departamento de Microbiología.

Universidad Javeriana, Bogotá

mfgutier@javeriana.edu.co

En la vida académica, además de aprender a enseñar, muchos de nosotros aprendemos a investigar. Inmersa en estas dos rutinas está la de evaluar: tarea difícil, donde pocas personas quedan contentas con el trabajo del evaluador por la subjetividad propia de este fundamental proceso.

Al buscar el sinónimo de evaluación encuentro una palabra que si bien no utilizo, es la que mejor describe este proceso y es justipreciar (apreciar de manera justa). Creo que todos los que hemos sido docentes hemos experimentado esta dificultad. Para hacer aún más complejo el "arte" de justipreciar, en esta oportunidad se debía ser justo ante una serie de proyectos que luchan, a través de los ojos de unos niños, por mostrar su bondad, su creatividad y la rigurosidad con las que fueron realizados.

Con este reto, tres investigadores, profesores universitarios, nos dimos a la tarea de encontrar los trabajos ganadores del I Premio a la innovación infantil y juvenil "Agua y ciencia", "que busca exaltar la creatividad, la investigación y la innovación que surge de los trabajos, desarrollados por estudiantes acompañados por los docentes de colegios públicos y privados del país, sobre conservación,

reciclaje, purificación y buen uso del agua en Colombia."

Como jurado de este premio, tenía claro los objetivos con los que la ACAC y Bavaria, con su producto Maltizz, le habían dado, sin embargo, yo le incluí algunas características que debían estar presentes en los grupos seleccionados. Además de la creatividad y la innovación, nuestros participantes debían mostrar compromiso, comprensión, trabajo en equipo, y lo más importante, querer ser nuestros investigadores del futuro.

El concurso empezó a principios del año teniendo en cuenta que para esta versión de Expociencia Expotecnología el objetivo central era el Agua, así que en las propuestas presentadas se deberían evidenciar los aportes a este importante recurso natural vital para la humanidad. Tratando de cumplir con este requisito, se presentaron cerca de 800 grupos participantes de colegios de Colombia, los cuales fueron previamente evaluados hasta llegar a Corferias en Bogotá, 27 de ellos.

El premio se dividió en dos categorías, infantil con niños entre 6 y 11 años y juvenil con muchachos entre 12 y 16 años. Maltizz había previsto seis premios, pero a la hora de la evaluación, los jurados solicitamos dos más, pues la excelencia de ocho trabajos nos llevó a excedernos del límite fijado.

Armados de lápiz y papel, los tres jurados visitamos uno a uno los grupos, escuchamos su presentación, hicimos preguntas y llenamos un formato, al que, a mi modo de ver, solo le faltaban criterios subjetivos descriptados por sus temas de trabajo. No había espacio para evaluar sentimientos, ideales, rabias, dificultades,

des y sueños generados durante este importante proceso investigativo. Era muy claro que se estaba evaluando ciencia. A pesar de esto no todos los trabajos giraron en torno al método científico aplicado para ciencias "du-ras", en muchos de ellos encontramos etnografías y podría decir que hasta análisis de discurso, algunos respondían a preguntas como: ¿Qué nos dice el agua pura cuando sale de la cuenca y pasa por el colegio antes y después de haberse contaminado?

Con este tema se otorgó el primer premio en la categoría infantil a unos niños de la Institución Educativa Rural Vanguardia de Villavicencio. La presentación estuvo a cargo de un grupo de niños empoderados, que realizaron un proyecto para proteger una cuenca cercana a su colegio. Dentro de la metodología, involucraron a muchos de sus compañeros con esta investigación, poniéndolos a pintar la cuenca mientras ellos generaban, a través de cantos, versos y bailes, estrategias para sensibilizar a la población con el cuidado de este espacio puro y primordial.

En la categoría juvenil, el primer premio lo recibió un joven estudiante oriundo de Pijao, Quindío, de la Institución Educativa Instituto Pijao. Una mente inquieta, recursiva, ágil y agresiva que propuso la energía solar como combustible para movilizar las lanchas sin contaminar el río. Yo sé que muchos de los lectores piensan que el uso de la energía solar no tiene mucho de innovador; sin embargo, yo los invitaría a vivir conmigo la experiencia de ver a este muchacho la manera como usa los recursos naturales propios de la región, en este caso el bambú, para hacer las barcas; cómo diseñó varios modelos de bar-



cas de acuerdo con las necesidades de su población en su río, y cómo perseguía sus barcos en una piscina de hule, con una lámpara simulando el sol. Este muchacho vino acompañado de una docente que sin necesidad de protagonismo comentaba cómo a este joven no se le podía ayudar pues la inquietud de su mente sobrepasaba en varios momentos los conocimientos del profesor.

Un tercer premio fue otorgado al trabajo "Construcción de un sistema electroquímico para la conversión de orina en hidrógeno y la transformación de éste en electricidad", presentado por alumnas del colegio María Auxiliadora de Barranquilla. La idea además de innovadora fue una idea valiente. Resalto el respeto con el cual un grupo de niñas entre los 11 y los 16 años manejaron la orina, aplicaron el método científico y lograron construir el sistema. Una estrategia muy intere-

sante para ser usada como método de "aprendizaje por problemas".

El cuarto grupo ganador fue de la Institución Educativa Sucre, que realizó un trabajo de "Utilización del agua con detergente para el riego de leguminosas". El objetivo de este trabajo era reutilizar el agua antes de enviarla al alcantarillado. Por eso, resolvieron entender qué sucedía con el crecimiento de los fríjoles y las alverjas si se regaban con aguas que salían del proceso de lavandería. Después de falsear varias hipótesis, evento común cuando se aplica el método científico en la investigación cuantitativa formal, se concluyó que el método daba buenos resultados, que las plantas no morían y que las leguminosas lograban un mayor tamaño. Estas estudiantes aprendieron para toda la vida los pasos y el motivo por el cual se debe aplicar el método científico.

Los muchachos del colegio Institu-

to Técnico Industrial Piloto, ganaron el quinto premio (ojo, no estoy diciendo el quinto puesto) por aplicar una estrategia en la cual se determina contaminación con base en la presencia de organismos y microorganismos invertebrados. Este trabajo fue tomado de unas publicaciones del profesor Gabriel Roldán, de la Universidad Católica de Occidente en Rionegro, Antioquia, quien se comunicó con ellos a través de una carta, felicitándolos por reproducir su trabajo con el cuidado y rigurosidad con los que estos estudiantes lo hicieron. Si bien ellos reproducían un trabajo ya publicado, el aplicarlo en el río Tunjuelo, y sus lugares cercanos como el botadero de Doña Juana, lo hicieron muy innovador y útil para vigilar nuestro medio ambiente.

Quienes ganaron el sexto premio son quizás los muchachos de mayor edad, que asisten al Colegio Ciuda-

de la Colsubsidio de Bogotá. Tabajaron un proyecto titulado “Vertimiento domiciliario a través de aguas grises”, en donde proponen que para la reutilización de las aguas “grises” desean implementar un sistema que han llamado PAO: proceso de oxidación avanzada. Este complejo proceso utiliza la luz nocturna, fotocátalisis, filtros de carbón activado y el separador de hidrocarburos para obtener un agua libre de contaminantes. Con ello, buscan construir un sistema autosostenible de purificación del agua en el hogar. No fue fácil comprender el sistema y menos después de haber escuchado varios trabajos interesados en el manejo autosostenible del agua. Sin embargo, la maqueta con la cual lo presentaron, mostró a los jurados un trabajo serio y, sobre todo, con mucho futuro. Garantizo que de este grupo sale uno de nuestros futuros grandes investigadores del país.

Dos alumnos del Instituto Técnico Industrial Don Bosco de Bogotá, también preocupados por el desperdicio del agua, realizaron un trabajo al que llamaron Eficontrol, la automatización en la eficiencia del agua, que buscaba, a través de sensores, repartir en la casa el agua recolectada de la lluvia. El trabajo iniciaba con la recolección del agua lluvia o la de la lavadora que luego tomaba diferentes caminos, guiada por los sensores diseñados en el proyecto. Para este trabajo, que ganó un séptimo premio, aplicaron sus conocimientos de física para dar gusto a las señoras que necesitan buena agua en cada uno de los dispensadores de su hogar.

El último premio fue otorgado a la Institución Educativa IDPHU Campesstre Bilingüe Ltda., de Barranquilla, quien presentó el trabajo de investigación titulado: “Manejo racional del agua en la elaboración de productos químicos para el aseo personal y del hogar”. Este grupo nos descrestó con



sus productos, jabones y velas elaborados con lo que su tierra produce. Hasta este momento, en el proyecto no habría innovación, sino fuera porque además de ser productos que se degradan biológicamente y no contaminan el medio ambiente, sirven para muchas otras cosas. Me encontré, por ejemplo, con un champú que espanta las pulgas a los caballos.

En la reunión para la selección de ganadores el común denominador fue la fuerte unanimidad de los jurados. Los proyectos ganadores fueron escogidos de manera pertinente en la mayoría de los casos. Una vez seleccionados, llegamos al acto de clausura y premiación, donde conocimos al Dr. Diego Andrés Molano Aponte, Director de Desarrollo Sostenible de la Fundación Bavaria, quien se encontraba muy emocionado y satisfecho por la labor cumplida. Él comenzó con la entrega de medallas. A cada uno de los ganadores, además de la medalla y el diploma de reconocimiento, se le entregó un premio en dinero destinado al colegio para que con él se hicieran algunas mejoras de tipo académico.

Sin lugar a equivocarme considero que esta iniciativa de Bavaria, a través

en una apuesta a la investigación, a la educación analítica, a la sensibilización por nuestros recursos naturales y al trabajo en equipo como estrategia de aprendizaje. Es también, sin duda alguna, un afirmación y un apoyo a la investigación como alternativa de desarrollo, un llamado a mostrar a la ciencias como algo sencillo, no escondido detrás de unas batas blancas que generan temor, sino algo entretenido, desarrollado por gente que, sin importar su edad, se pregunta por el mundo y los objetos que allí se encuentran, personas que tienen ese espíritu inquieto, curioso, cuestionador y buscan respuestas. Por todo esto, la ACAC, los colegios, los niños y los jurados del premio debemos hacerle un reconocimiento a Bavaria por este acto que nos invita cada día a ser mejores. Ojalá que otras empresas del sector privado, se unan a esta causa y trabajen, junto con la ACAC, de manera efectiva, significativa y mancomunada, por el continuo Avance de la Ciencia en nuestro país.

# PUBLICACIONES

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, presenta su fondo editorial el cual se constituye como un importante material de consulta y apoyo pedagógico para docentes y estudiantes de diferentes áreas del conocimiento, así como para interesados en cada uno de los temas.

## El Genoma Humano

Este tema ha cobrado especial actualidad en los últimos tiempos, a causa de los anuncios hechos por grupos de investigación internacionales. No cabe duda que las ciencias de la vida, y especialmente las ciencias médicas, han entrado en una nueva era originada en los trabajos sobre la estructura del ADN, a partir de los cuales y en tan solo un poco más de cuatro décadas, se ha producido el extraordinario desarrollo de la biología molecular.

## Neurociencias

Este libro dedicado al cerebro y basado en el número especial de la Revista Innovación y Ciencia pretende seleccionar una muestra de los diferentes enfoques contemporáneos sobre el estudio del sistema nervioso. El gran interés de las neurociencias, uno de los campos de mayor actualidad en la ciencia actual, al igual que la indiscutible calidad de los artículos que los constituyen, hacen que, una vez más, nuestro número especial de la Revista, se convierta en una obra de referencia obligada, no solamente para los estudiantes de medicina o biología, sino para los profesionales en neurociencias y el público en general.

## Una Mirada al Aprendizaje de las Ciencias

En ciertos momentos resulta oportuno analizar el papel que desempeñan temas como la educación, la ciencia y la tecnología en el bienestar de la sociedad y la importancia que deben ocupar en los planes educativos en la propuesta del gobierno. La ciencia, como parte esencial de la cultura, no está únicamente ligada al aumento de la competitividad, sino que está involucrada en todas las actividades humanas, desde la salud hasta el deporte; la agricultura y las ciencias sociales, ciencias exactas en particular, deben constituirse como las bases en los programas educativos en ciencia en el país.

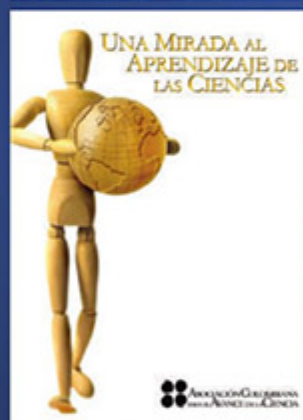
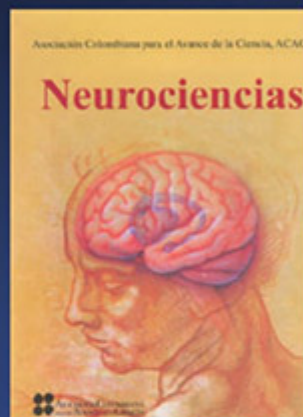
## Evolución - Historia de la Vida

El propósito de esta publicación es brindar a los científicos la oportunidad de comunicar a un público amplio el resultado de sus trabajos y proporcionar al lector una visión global del estado de la ciencia y la tecnología en un área determinada, al igual que la física contemporánea que ha aportado una clara comprensión del origen y la evolución del universo, diseñando un cuadro coherente de su estructura fundamental, los recientes avances de la biología y en particular los descubrimientos de la genética moderna que han traído elementos muy valiosos para la comprensión del origen y la evolución de la vida.

TÍTULO DEL LIBRO	PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO
El Genoma Humano	\$ 34.000
Neurociencias	\$ 30.000
Una Mirada al Aprendizaje de las Ciencias	\$ 25.000
Evolución - Historia de la Vida	\$ 25.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 114.000</b>
<b>DESCUENTO POR LA COMPRA DE LOS CUATRO (4) LIBROS</b>	<b>\$ 28.000</b>
<b>DESCUENTO ADICIONAL PARA ASOCIADOS POR LA COMPRA DE LOS CUATRO (4) LIBROS</b>	<b>\$ 16.000</b>

## Informes

Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC  
Calle 44 N° 45 - 67 Bloque C Módulo 3 Unidad Camilo Torres  
Tele. 244 6575 268 2350 221 9953 PBX 315 5900 Ext. 124 108 113  
E-mail: [innovacionyciencia@acac.org.co](mailto:innovacionyciencia@acac.org.co); [mercadeo@acac.org.co](mailto:mercadeo@acac.org.co)



información digital

# EL ARTE DE HACER "CEROS Y UNOS"

LUCERO ÁLVAREZ MIÑO

PROFESORA ASOCIADA, DEPARTAMENTO  
DE FÍSICA Y QUÍMICA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA,  
SEDE MANIZÁLEZ

erueda13@yahoo.com.mx

## Resumen

---

El manejo de información en cuanto a su transmisión, procesamiento y almacenamiento se ha hecho más rápido y eficiente en la era digital; hasta el punto de transformarla en un sistema de "ceros" y "unos". Se usan así dos símbolos, dos estados, esto es, un sistema binario. En este escrito se discuten algunas de estas transformaciones, haciendo un breve viaje que parte del pasado de los números, y llega a la mecánica cuántica y su contribución en la fabricación de los "ceros" y "unos" de la era digital. Se presentan también ejemplos de dispositivos que usan dos estados para el almacenamiento o la lectura de información.

Palabras clave: ceros, unos, sistema binario, era digital, información.

---

## Introducción

---

### Algunos sistemas numéricos

El sistema numérico más utilizado en la vida cotidiana actual es el conocido sistema decimal. Como su nombre lo indica, la base del sistema, es decir, el grupo a partir del cual se representa cualquier otro número, es de 10 cifras. Además, cualquier número se forma por potencias de diez: unidades (diez a la cero 10<sup>0</sup>), decenas (diez a la una 10<sup>1</sup>), centenas (diez a las dos 10<sup>2</sup>), miles, etc. La ubicación de las potencias de derecha a izquierda, de la menor a la mayor, es lo que se conoce como valor posicional. Así, en el número 22, el primer dos, de derecha a izquierda, corresponde a dos unidades; el segundo dos indica dos grupos de diez (posición de las decenas), de manera que:  $2 \times 10 + 2 = 22$ .

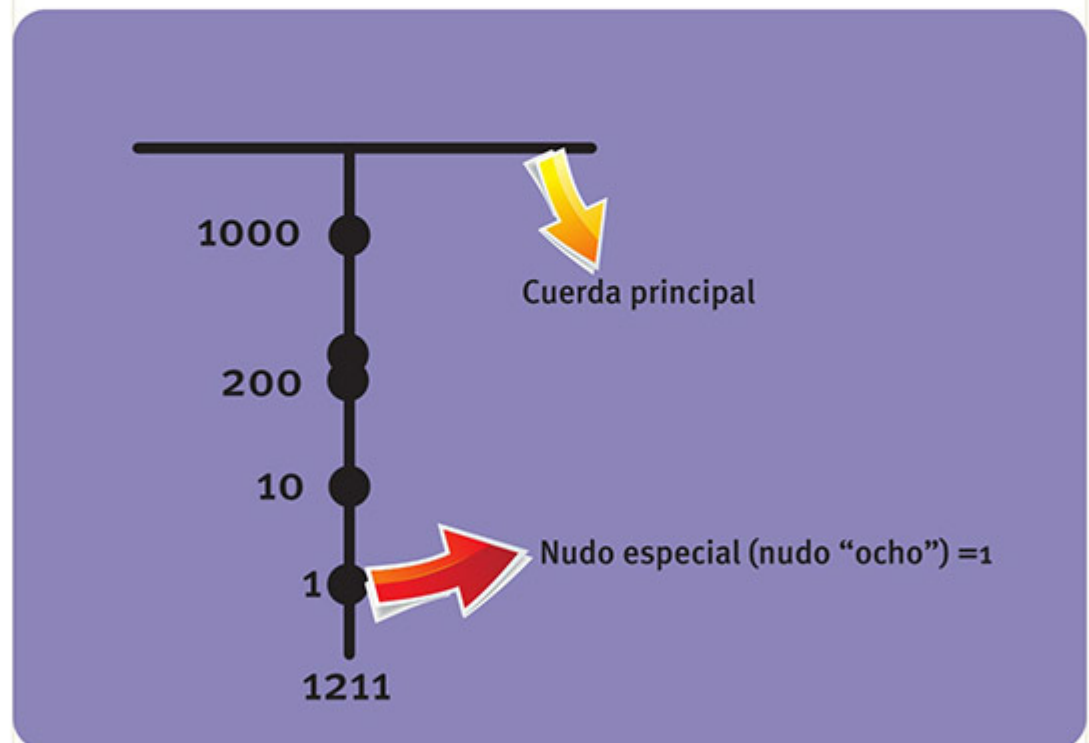
Dada la costumbre de usar el sistema decimal puede resultar difícil imaginar otros sistemas numéricos con su base, valor posicional y un símbolo para el cero. En particular, esta última característica es realmente un hecho especial, pues el cero que se utiliza en el sistema decimal llega a Europa desde la India, de mano de los intelectuales árabes. Vale la pena, por tanto, incursionar brevemente en esta historia del origen de los números, y así mismo, establecer contrastes; para ello, se tomarán sistemas numéricos del viejo y del nuevo mundo.

En Europa Occidental, antes de la llegada del sistema decimal indo-arábigo, fue popular el uso del sistema romano de numeración. Este sistema no posee una base, no representa el cero y no tiene valor posicional. El sistema está constituido, como posiblemente el lector recuerde, por un conjunto específico de símbolos; de manera que siguiendo ciertas reglas de sustracción y suma se puede escribir cualquier número. Tampoco existe en este sistema una regularidad respecto a la longitud de los números, o sea, cuántas cifras se necesitan para construir un número. Para aclarar este punto se puede comparar cómo se escriben dos números consecutivos en el sistema romano y en el decimal. El número 1999 corresponde en romano a MCMXCIX, mientras 2000 a MM. Es decir, en los sistemas con base, a medida que aumenta la potencia de la base (en el sistema decimal, decenas, centenas, miles, etc.) más cifras se necesitan para notar el número; en el sistema romano nunca se sabe.

En este lado del mundo hubo dos civilizaciones con sistemas numéricos que cabe destacar. Por una parte está el sistema numérico incaico, cuya gran particularidad es que no se guardó en papiros o piedras o tablillas de arcilla, sino en tejidos, en los llamados quipus. Quipu es una palabra quechua que significa nudo. Un quipu es un conjunto de hilos de diversos colores con nudos. Los quipus se consideran las bases de datos de los Incas (Ascher, 1997). Aunque no podemos saber exactamente qué información guardaban en ellos, primero, porque muchos quipus fueron destruidos durante la conquista europea, y segundo, porque a la fecha ha sido imposible decodificarlos, Leland L. Locke (Ascher, 1997), estudiándolos sistemáticamente, concluyó que la información numérica estaba "escrita" en un

Figura 1.

El esquema representa el número 1211 escrito en un hilo de un quipu inca pendiendo del hilo principal. El sistema numérico de los incas era decimal con el valor posicional aumentando de abajo hacia arriba. Para el "uno" de la unidad utilizaban un nudo especial, el nudo en "ocho".



sistema decimal donde el cero no se representaba, simplemente se dejaba el espacio (En la Figura 1. se muestra un ejemplo de un número escrito en este sistema). En realidad, es preciso tomar en cuenta que un hilo suelto no es un quipu, pues la única manera en que se pueden establecer las posiciones de las unidades, decenas, etc., es a través de la comparación con otros hilos.

Por otra parte, está el sistema numérico de los mayas. Se estima que sólo dos civilizaciones simbolizaron el cero: la maya y la india. El sistema numérico maya es de base veinte (ver Figura 2), y las potencias aumentan de abajo hacia arriba o, como en el sistema decimal, de derecha a izquierda.

La numeración maya se ha encontrado en las estelas de piedra que sobrevivieron a la conquista, al igual que en los famosos Códices mayas. En conclusión, pocas civilizaciones inventaron el cero, y entre las que sí lo hicieron se encuentra una mesoamericana.












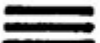
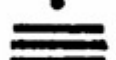

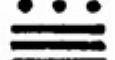

	•	• •	• • •	• • • •
0	1	2	3	4
				
5	6	7	8	9
				
10	11	12	13	14
				
15	16	17	18	19

Figura 2.

La tabla muestra las primeras veinte cifras de la numeración maya que serían como el equivalente a las primeras diez cifras o unidades del sistema decimal. ¿Puede imaginar el lector cómo se escribe el número veinte en maya?

Antes de culminar este viaje por los números de civilizaciones antiguas, es necesario hacer una digresión para comentar otras formas de números o, en caso extremo, su ausencia. Increíblemente existen otras maneras de contar que han sorprendido a antropólogos y etnomatemáticos. Por ejemplo, los pirahãs, una comunidad del Amazonas brasileiro, no tienen palabras para expresar ninguna cantidad exacta, ni siquiera el “uno”. Según el mayor investigador de esta lengua, Daniel Everett (Everett, 2005), considera que en realidad tres palabras que los pirahã utilizan implican comparaciones “más que” o “menos que” y “mucho”. Al mismo tiempo, los pirahã poseen un conocimiento profundo de los animales, plantas y, en general, del medio en el que viven.

Estos hallazgos ponen de manifiesto que no todo lo que una cultura considera necesario y útil lo es para otras. En el caso de Occidente, guardar, transmitir y producir información parece haberse convertido en una necesidad. En la búsqueda de suplir esta demanda surge la era digital demarcada por el predominio de dos números. En otras palabras, es como encontrar algo en común con la comunidad mencionada, reduciendo todo a dos símbolos.

A continuación se analizarán algunos procesos científico-técnicos de la fabricación de ceros y unos. Es prudente, en todo caso, mantener en mente que el llamado desarrollo tecnológico tiene diversas aristas, como la cultural, la política y la económica.

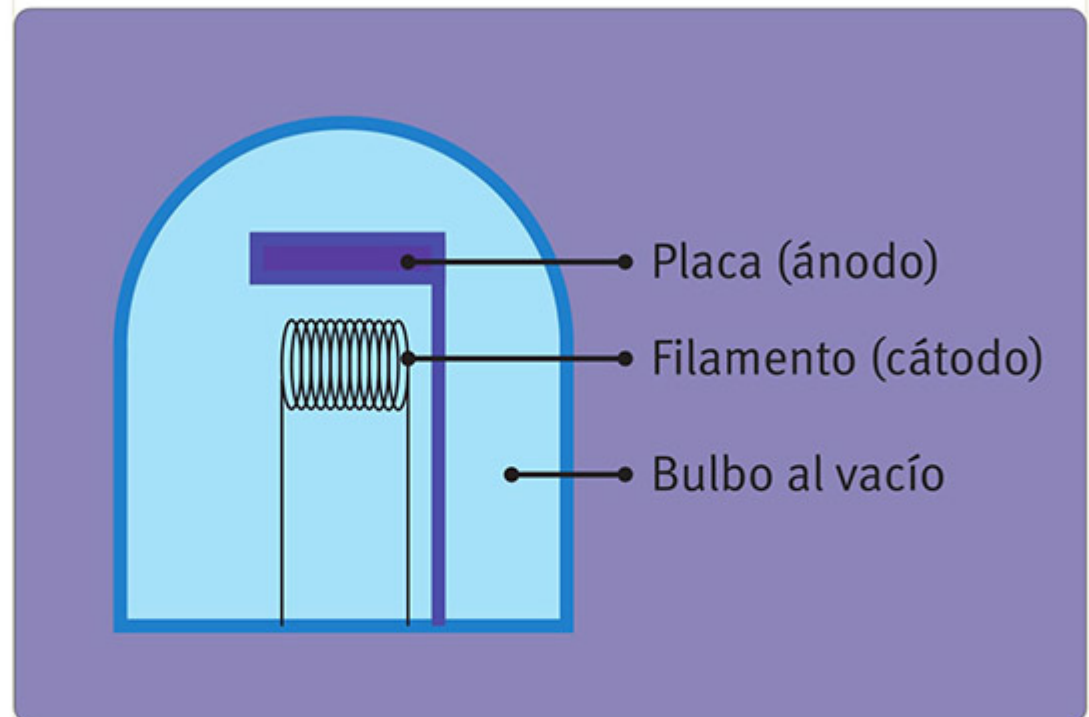
## “0”: un estado, “1”: otro estado

Debido a que en un sistema binario la información se puede transformar, transmitir y guardar en forma de sucesiones de ceros y unos, surge un interrogante en torno a si, aparte de representar por escrito el cero y el uno, ¿existen otras maneras de hacer ceros y unos? Para comenzar a responder esta pregunta, nos vamos a referir a un dispositivo conocido como el diodo (ver Figura 3).

Los primeros diodos se fabricaban a partir de bulbos al vacío con un filamento y una placa conductora. Su funcionamiento se puede esbozar de la siguiente manera. Una corriente pasa por el filamento y su intensidad es tal que lo calienta provocando la emisión de electrones (termoemisión). Como dentro del bulbo de vidrio no hay prácticamente nada (de allí, bulbos al vacío), los electrones emitidos pueden desplazarse sin problema y alcanzar la placa conductora. O, bajo otras condiciones, ser repelidos por esta. La interacción depende de si la placa se hace positiva o más negativa con respecto al filamento

Figura 3.

Esquema de un diodo hecho a partir de un bulbo al vacío.



(Barnaal, 1989). En el primer caso, pasa una corriente entre la placa y el filamento, mientras en el segundo tal corriente no existe. Son precisamente este tipo de estructuras las que se buscan; dispositivos que funcionen con dos configuraciones muy distintas, tan distintas que una pueda ser llamada "0" (sin corriente en el diodo) y la otra "1" (con corriente).

## "0": un estado, "1": otro estado

Grabar "ceros" y "unos" magnéticamente significa grosso modo generar en el dispositivo (por ejemplo, en un disco duro) dos estados bien distinguidos caracterizados por una flecha magnética o magnetización. Es algo así como que cada bit de información es un pequeño imán. Entonces, toda la información se guarda en estos imanes que están orientados en solo dos direcciones posibles, por ejemplo, unos Norte-Sur (ceros), y otros, en la dirección opuesta, Sur-Norte (unos). Entre más pequeños sean estos bits, y las regiones del material tengan una bien definida dirección de la magnetización, más de ellos se pueden repartir en una área dada. Es decir, la densidad de la información aumenta y habrá más bits por área.

La cuestión entonces es, una vez grabada la información cómo recuperarla, cómo leer la dirección de estos imanes, cómo leer los ceros y unos. Las primeras lectoras de discos duros se basaron en un fenómeno conocido como la Ley de inducción de Faraday. El enrollado (bobina) de un metal alrededor de un núcleo de material magnético detecta la magnetización de una zona del disco; a medida que el disco rota, la magnetización del núcleo varía con el tiempo (es más correcto decir que varía la cantidad de líneas magnéticas que pasan por el enrollado (ver Figura 4), produciendo una corriente en la bobina

metálica (Cikazumi, 2005).

Como la corriente que aparece en la bobina solo tiene dos direcciones posibles, que dependen a su vez de la dirección de la magnetización del bit, es posible detectar así los "ceros" y "unos" magnéticos.

Al reducirse el tamaño de los bits, las exigencias sobre el cabezal de la lectora aumentaron y en un momento dado ya no fue práctico el uso de bobinas. Es de señalar que en algunos materiales sus propiedades eléctricas y magnéticas están íntimamente ligadas, de manera que la resistencia cambia con un campo magnético aplicado y por eso se llama magnetorresistencia. Fue en 1988, cuando dos grupos

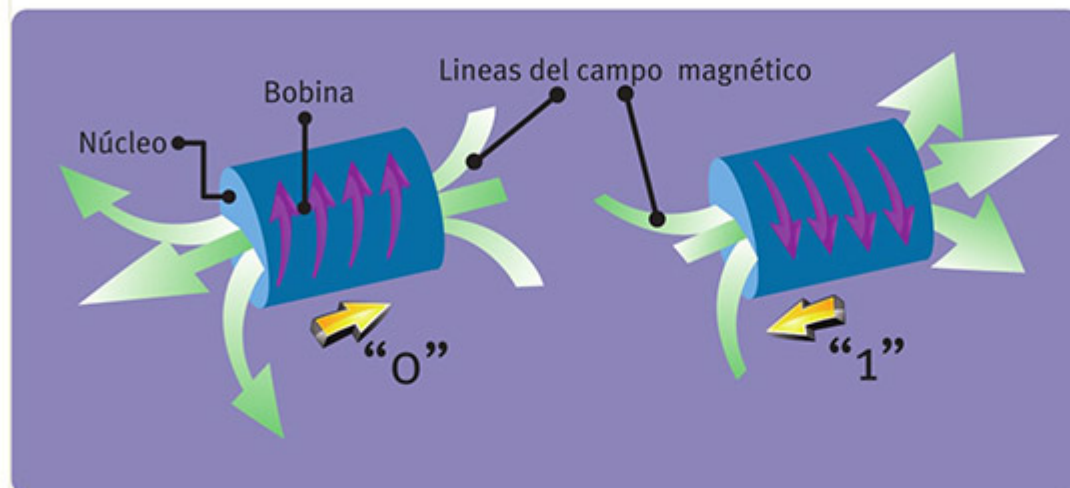


Figura 4.

Esquema de la detección de "ceros" y "unos" magnéticos por inducción de una corriente en el enrollado metálico alrededor de un núcleo magnético. La dirección de la corriente inducida es la que determina si se está leyendo un "0" o un "1".

de investigación, uno en Francia y otro en Alemania, anunciaron el descubrimiento de un fenómeno en el cual la resistencia de una estructura fabricada artificialmente cambiaba hasta en un 80% por acción del campo magnético, la llamada magnetorresistencia gigante o MRG. El descubrimiento fue hecho en dispositivos que consistían en una consecución de capas de hierro (Fe), y cromo (Cr), muy delgadas, del orden de nanómetros (un nanómetro (nm) es la milmillonésima parte de un metro; un cabello humano tiene un grosor aproximado de 100000nm) y a muy bajas temperaturas. Para fabricar estos dispositivos, primero se deben producir las capas o películas delgadas, y luego, mediante procesos llamados litográficos, se define en sí el dispositivo (Álvarez, 2007).

Al presentarse el fenómeno a muy bajas temperaturas (cerca de  $-263^{\circ}\text{C}$ ) surgió la duda sobre la aplicabilidad del descubrimiento. Como suele suceder con otras instituciones, generalmente empresas que conectan la investigación fundamental con la comercialización de productos, las que "aterrian" su uso. En este caso, fueron Park y colaboradores de la IBM (IBM, 2013), quienes redescubrieron la MRG, mediante el uso de dispositivos que se pueden fabricar a más bajo costo y que necesitan enfriamiento, pero sólo mediante ventiladores. Así, desde el año 2000 todos los computadores tienen su lectora de disco duro hecha a partir de la magnetorresistencia gigante.

Más aún, estos ceros y unos utilizan una propiedad de los electrones estrechamente relacionada con el magnetismo, que es su espín. Para efectos de este relato, el espín se puede imaginar como una flechita magnética. Ahora que se cuenta con los elementos suficientes, el funcionamiento de la lectora se puede resumir así (ver Figura 5):

1. Las partes fundamentales del dispositivo son tres capas muy delgadas (de nuevo se habla de nm), de las cuales dos son magnéticas, de Fe; mientras que la del medio no es magnética pero sí es conductora, la de Cr, y permite el paso de corriente eléctrica.

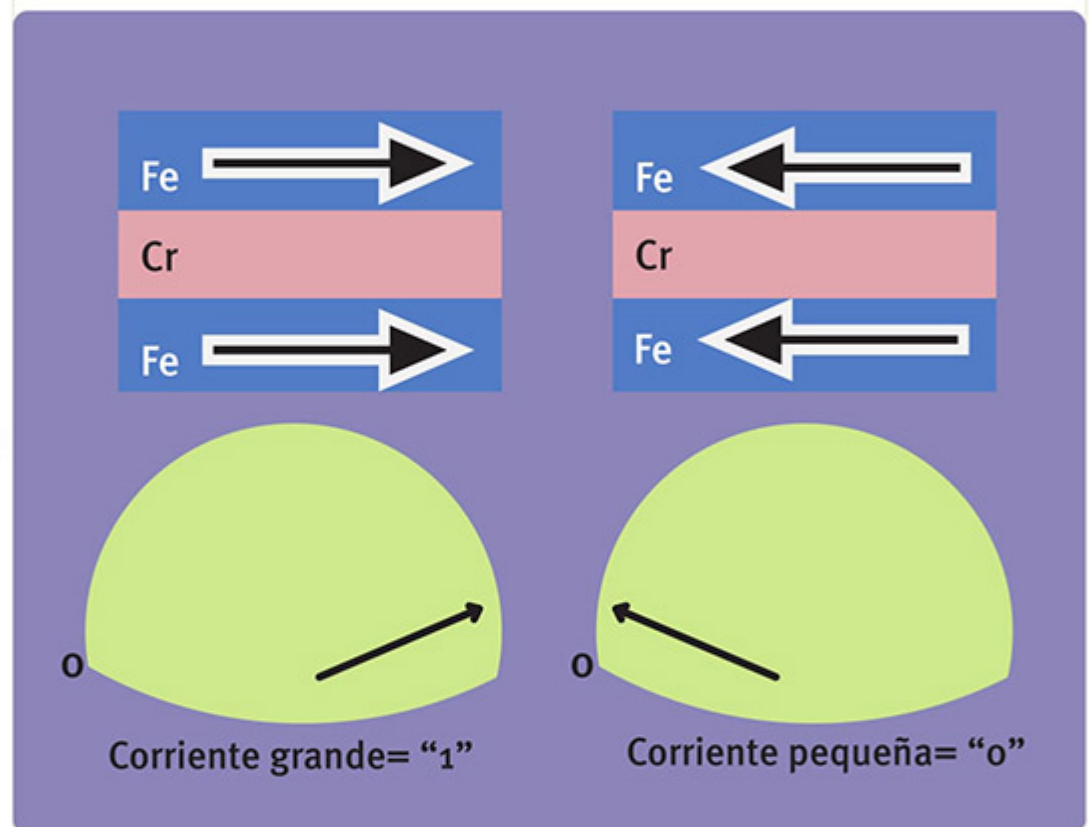
2. Una capa magnética mantiene su magnetización fija (en la Figura 5, la de abajo), mientras que la otra, se llama libre, porque su magnetización se orienta dependiendo de si detecta un "cero" o un "uno".

3. Según la magnetización que siente la capa magnética libre, son posibles dos configuraciones: una, cuando las dos capas magnéticas de Fe tienen sus magnetizaciones paralelas; dos, cuando están en sentido opuesto.

4. Los electrones tienen su espín dirigido según alguna de las dos posibles magnetizaciones (de acuerdo con la Figura 5, sería espín hacia la derecha o hacia la izquierda). En consecuencia, cuando las capas de Fe tienen sus magnetizaciones paralelas existen unos electrones que por la orientación de su espín les será muy fácil atravesar el dispositivo. Es decir, se genera en él una corriente significativa, o lo que es lo mismo, se tiene una baja resistencia eléctrica. En cambio, cuando las magnetizaciones de las capas magnéticas son opuestas, tanto los electrones con espín hacia la derecha como aquellos con espín hacia la izquierda encontrarán dificultad para atravesar parte de la estructura, provocando que la corriente total a través del dispositivo decrezca (la resistencia aumenta). Según como se oriente la magnetización de la capa libre, tenemos dos estados, que dependen a su vez de si está detectando un "1" o un "0" del disco duro. Así, finalmente se lee información.

Figura 5.

Esquema del dispositivo formado por tres capas de Fe-Cr-Fe en las cuales se observó la magnetorresistencia gigante. Cuando las magnetizaciones, flechas negras en el Fe, son paralelas, la corriente dependiente del espín es grande. En caso contrario es pequeña.



Por el descubrimiento de la magnetorresistencia gigante, Grunberg y Fert recibieron el Premio Nobel de Física en 2007 (Prinz, 1998). Este descubrimiento permitió un aumento sustantivo de la capacidad de los discos duros, al tener un dispositivo más sensible para distinguir ceros de unos.

Cabe la pregunta sobre la posibilidad de fabricar dispositivos más sensibles que los basados en la MRG. Investigaciones en este sentido se basan en la utilización de estructuras similares a las indicadas anteriormente, con la salvedad de que en el medio va un material que no es ni magnético, ni conductor. El paso de corriente a través de estos dispositivos se da gracias a otro efecto cuántico, el efecto túnel. Este efecto se puede entender como la posibilidad que tiene una partícula subatómica de atravesar una zona delgada, a pesar de no poseer la energía suficiente para hacerlo. En conjuntos de capas o juntas cuya zona intermedia es un aislante, se han encontrado, a muy bajas temperaturas, cambios de la magnetorresistencia de cerca de 2000% (Werner, 2011).

Existe, sin embargo, otra tendencia para escribir y/o leer ceros y unos, de hecho tal tecnología ya se utiliza en las llamadas memorias USB (Universal Series Bus). Por ello, y para finalizar, se abordará el principio básico en el que estas se fundamentan.

## Las memorias flash: ceros y unos por efecto túnel

Las ahora populares memorias USB se basan en el fenómeno cuántico antes descrito, el efecto túnel. El elemento fundamental de estas memorias está formado básicamente por tres capas: un sustrato, una película llamada compuerta flotante, CF, y sobre esta otra película delgada que forma la compuerta de control, CC. Lo interesante es que estas tres capas están separadas entre sí por un material no conductor. Por consiguiente, la única manera en que los electrones pasen del sustrato a la compuerta flotante y de nuevo al sustrato es atravesando el aislante, lo cual es posible gracias a la combinación del reducido espesor del aislante (del orden de nm), con la energía adecuada de los electrones. Estos dos factores permiten establecer una corriente del sustrato a la CF y de esta al sustrato de vuelta, es decir, que por el dispositivo circule una corriente entre dos puntos llamados colector y emisor (ver Figura 6).

El espesor de la película aislante se determina en el momento de la fabricación del dispositivo; por tanto, lo que se puede controlar a la hora del funcionamiento es la energía de los electrones. Este proceso se hace a través de la CC: se establece un voltaje entre esta compuerta y el emisor. El voltaje es precisamente energía por unidad de carga y en últimas hace la CC más positiva para atraer los electrones de manera que estos pasan la capa aislante entre el sustrato y la CF, por efecto túnel. Luego, se puede bien sea retener los electrones "enjaulados" en esta capa flotante simplemente sin suministrarles energía para que regresen al sustrato o, en el caso contrario, se les suministra la energía necesaria provocando que vuelvan al sustrato y siendo arrastrados hacia el colector por ser más positivo que cualquier otro punto en el dispositivo. El estado en el que los electrones quedan encerrados en la CF corresponde al "0", mientras que cuando pasan del emisor al colector equivale al "1".

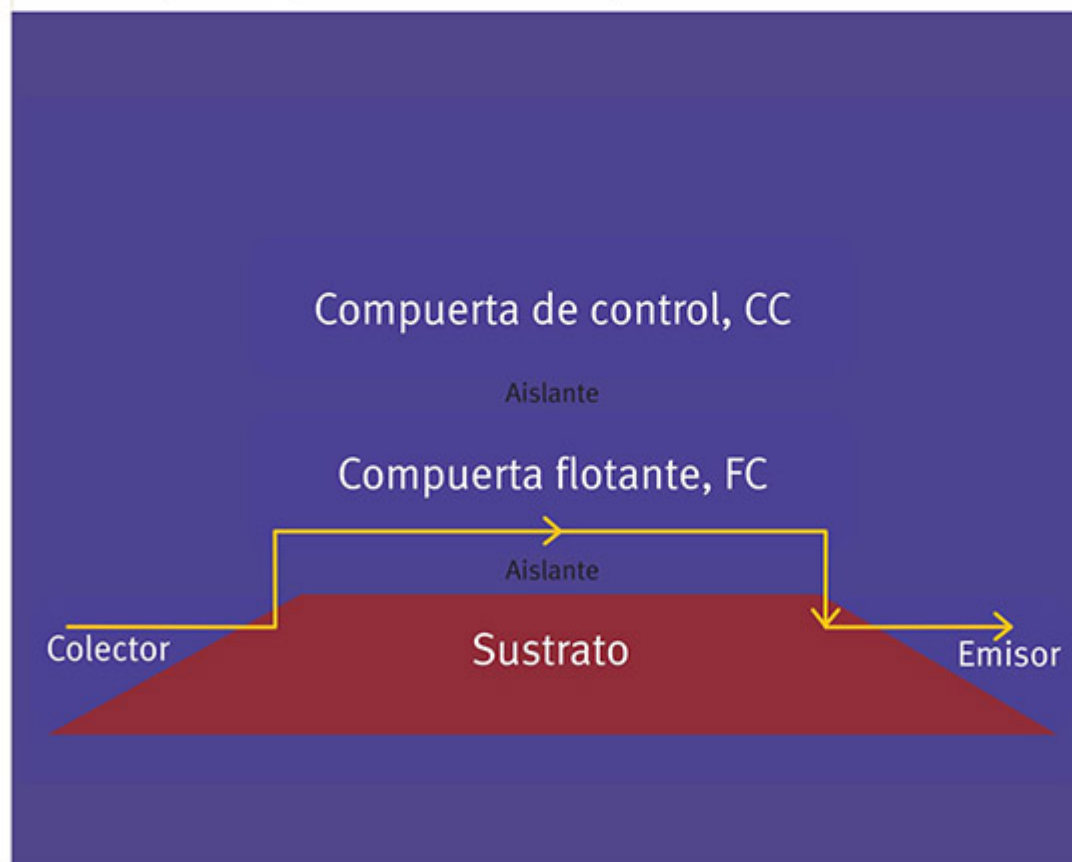


Figura 6.

Esquema del elemento fundamental de una memoria flash. El estado cuando pasa corriente (cuya dirección se indica por la flecha naranja) equivale al "1", y cuando los electrones quedan atrapados en la capa flotante se establece el estado "0".

En la búsqueda de hacer "ceros" y "unos" que ocupen menos espacio, para a su vez aumentar la capacidad de almacenamiento de información, la ciencia y la ingeniería de materiales han llevado experimentos sofisticados de los laboratorios de investigación a los dispositivos que se usan en la vida cotidiana (Nobel Prize in Physics, 2007).

## Referencias

- Álvarez, M., L. (2007), "Dibujando con electrones", en *Innovación y Ciencia*, vol. XIV, núm. 2, pp. .
- Ascher, M. y Ascher, R. (1997), *Mathematics of the Incas: Code of the Quipu*, Dover Publications, New York.
- Barnaal, D. (1989), *Analog Electronics for Scientific Application*, Waveland Press, Estados Unidos.
- Chikazumi, S. (2005), *Physics of Ferromagnetism*, Oxford University Press, Gran Bretaña.
- Everett, D. (2005), "Cultural Constraints on Grammar and Cognition in Piraha", en *Current Anthropology*, vol. 46, núm. 4, pp. 621-646.
- IBM. (2013), The Giant Magnetoresistive Heat: A Giant Leap for IBM Research, recuperado de: <http://research.ibm.com/research/gmr.html> [15 de noviembre de 2013].
- Nobel Prize in Physics. (2007), "Better read-out heads for pocket-size devices", recuperado de: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2007/popular.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2007/popular.html) [29 de noviembre de 2013].
- Prinz, G. A. (1998), "Magnetoelectronics", en *Science*, vol. 282, núm. 5394, pp. 1660-1663.
- Werner, R.; Petrov, A. Y.; Alvarez Miño L.; Kleiner, R.; Koelle, D.; Davidson B. A. (2011), "Improved tunneling magnetoresistance at low temperature in manganite junctions grown by molecular beam epitaxy", en *Applied Physics Letter*, 98, 162505, Disponible en: [http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user\\_50/file/links%20GSNM/Improved%20tunneling%20magnetoresistance%20at%20low%20temperature%20in%20manganite%20junctions%20grown%20by%20molecular%20beam%20epitaxy.pdf](http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_50/file/links%20GSNM/Improved%20tunneling%20magnetoresistance%20at%20low%20temperature%20in%20manganite%20junctions%20grown%20by%20molecular%20beam%20epitaxy.pdf)





USTED PUEDE SER PARTE  
DE LO QUE SOMOS

## ASÓCIESE

Ser miembro de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, le permite participar en actividades científicas, tecnológicas y de capacitación permanente y desarrollo profesional, estar actualizado por medio de publicaciones periódicas y eventos sobre los últimos avances nacionales e internacionales, y en general acceder a los diferentes beneficios que la membresía le confiere.

### CATEGORÍAS

#### 1. Titulares

Naturales: \$ 114.000 / Jurídicos: \$ 484.000 / Cónyuge: \$150.000

#### 2. Adherentes

Naturales: \$ 74.600 / Jurídicos: \$ 313.200

Las instituciones educativas de básica y media, se clasifican en esta categoría y cancelan la suma de \$ 242.000

#### 3. Estudiantes

Con carné vigente \$ 55.000

EL VALOR DE LA AFILIACIÓN ES ANUAL

### Beneficios:

Integración con las comunidades científica, tecnológica y académica.

- Participación como experto en actividades académicas organizadas por ACAC, desde su área del conocimiento.
- Presentación ante entidades nacionales e internacionales con las que ACAC tiene vínculos.

Intervención en la formulación de políticas de ciencia y tecnología.

- Expresarse por medio de ACAC, ante las autoridades, para proponer políticas sobre ciencia, tecnología e innovación.
- Informarse sobre incentivos de las entidades gubernamentales para estimular proyectos y el desarrollo académico.

Participación en actividades científicas y tecnológicas.

- Participación en los programas académicos de la Asociación y de aquellas con las cuales ACAC posee alianzas.

Vínculos con otras entidades de carácter científico y tecnológico.

- Vinculación a entidades a las que pertenece ACAC y obtener beneficios que tal membresía confiere.

Asesoría en actividades científicas y juveniles.

- Los tutores científicos ACAC ofrecen a colegios asesoría a niños, niñas y jóvenes a través del Correo de la Ciencia.

Descuentos en bienes y servicios de ACAC.

- Programación Académica
- Publicaciones
- Pauta publicitaria en la Revista *Innovación y Ciencia*, entre otros.

Suscripción gratuita a la Revista *Innovación y Ciencia*.

- Cuatro números al año.

Boletín Informativo.

- Actualización sobre convocatorias, becas, premios, reconocimientos y demás temas de actualidad en Ciencia, Tecnología e Innovación.

# CONTROL NATURAL CON HONGOS NATIVOS DE NEMATODOS DAÑINOS EN PLANTAS

LUCÍA ANA DÍAZ

UNIDAD DE BIOTECNOLOGÍA VEGETAL, DEPARTAMENTO  
DE BIOLOGÍA, FACULTAD DE CIENCIAS, PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD JAVERIANA

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

## Resumen

Existen hongos nativos, con diferentes mecanismos de acción, que podrían reemplazar el uso de productos químicos para el control de organismos dañinos en los cultivos de importancia económica. Actualmente, el Grupo BIOMA (Biocontrol y Microbiología Ambiental) de la Universidad de Antioquia desarrolla varias investigaciones sobre este tema, dando como resultado la producción de un hongo para el control de nematodos. Dada la importancia económica de esta plaga, las investigaciones, que hasta ahora se han llevado a cabo en laboratorio e invernadero, deben realizarse en campo con el fin de que en un futuro el hongo se pueda recomendar a los agricultores.

Los nematodos son organismos que incluyen especies de vida libre. Son parásitos tanto de vegetales como de animales, comprendiendo, por supuesto, al ser humano. Se caracterizan por ser organismos cilíndricos, con cuerpo alargado, no segmentado, que poseen sexos separados (ver Foto 1 y Foto 2).



Foto 1 (izq).

Fotografía  
Microscópica de  
nematodo (hembra).

Foto 2 (Der)

Fotografía  
microscópica de  
nematodo (estadio  
larvario).

Los nematodos dañinos para las plantas tienen un ciclo de vida que presenta una fase libre en el ambiente exterior, y otra fase que se lleva a cabo en el interior de la planta que ataca. En el caso de los nematodos fitopatógenos (capaces de parasitar y dañar plantas), si bien algunos de estos pueden destruir follaje; en su gran mayoría atacan las raíces, produciendo lesiones que permiten la entrada de otros organismos dañinos; una situación que por ejemplo puede alterar los tejidos de la planta y sus funciones productivas (ver fotos 3A-3B).

Foto 3A. (izq).

Raíces de  
crisantemo sanas.



Foto 3B. (Der)

Raíces de tomate  
enfermas. Presencia  
de nodulaciones.



Además de los daños mencionados, también pueden transmitir enfermedades a las plantas, como es el caso de los virus fitopatógenos. Aunque en Colombia no se cuenta con estimativos exactos de pérdidas por nematodos, la pérdida anual de cultivos en el mundo, atribuida a nematodos parásitos de plantas, se estima en un rango del 5% al 12%, traducida en la reducción de la producción en millones de toneladas cada año (Kavalci, G. et al, 2009).

Las pérdidas ocasionadas alrededor del mundo hacen necesario su control. En este sentido, se cuenta con medidas basadas en métodos culturales que van desde la rotación de cultivos, solarización e inundación del suelo, uso de materia orgánica y el empleo de variedades resistentes, hasta la esterilización del suelo con vapor de agua (Sasser, J., 1980; Ortuño, N y Oros, R., 2002; Vildósola, G. y Guiñez, A., 1979). Debido a que estas medidas no son suficientes, en la gran mayoría de los casos se opta por el control químico (nematicidas). Sin embargo, esta medida ha resultado costosa, y en algunas ocasiones inapropiada, en razón de los efectos secundarios tóxicos a corto y largo plazo que producen al ambiente, a los consumidores y al agricultor. Por ello, y dados los crecientes problemas medioambientales asociados al uso de nematicidas químicos, se ha fomentado el interés en métodos biológicos para el control de nematodos fitoparásitos (Piedra, R., 2008).

Las medidas de control deben dirigirse, entre otros aspectos, a la reducción de la capacidad de alimentación de los nematodos, a la invasión de los tejidos, o a la disminución de la fecundidad de las hembras adultas (Kerry, B. y Hominick, W., 2002). De acuerdo con las investigaciones realizadas en el ámbito internacional, existen diferentes hongos nativos microscópicos, conocidos como biocontroladores u hongos parásitos de nematodos (ver Foto 4), los cuales han sido hallados en una gran cantidad de ecosistemas.

Con estos microorganismos se han hecho diferentes estudios en donde se ha demostrado cómo estos pueden incidir en la disminución de poblaciones de nematodos parásitos de plantas, en una forma aún más eficaz que con el uso de productos químicos.

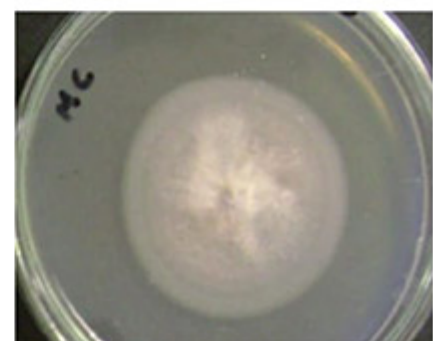
Foto 4. (izq).

Hongo biocontrolador  
en medio de cultivo  
(Extracto de levadura).



Foto 5. (Der)

Hongo biocontrolador  
en medio de cultivo  
(Medio completo)



Los hongos que atacan nematodos poseen uno o más mecanismos de acción, un aspecto que hace difícil que se desarrolle resistencia por parte de los nematodos fitopatógenos. Estos hongos pueden formar estructuras para atrapar nematodos, entre ellas se pueden mencionar los anillos constrictores, los anillos no constrictores, las columnas adhesivas, los ganchos adhesivos y las borlas adhesivas (Kerry, B., 2000). Otros hongos pueden ser ingeridos, y como tienen la capacidad de producir enzimas, toxinas o sustancias secundarias pueden matar, inmovilizar o degradar tanto estadios maduros como inmaduros.

En Colombia se han desarrollado algunas investigaciones relacionados con el uso de hongos nativos, biocontroladores de nematodos. A finales de la década de 1990 se emprendieron muchos trabajos al respecto, que generaron información sobre su uso en cultivos, entre otros, de café (Foto 6), plátano (Foto 7), flores (Foto 8) y guayabo (Foto 9).

En los últimos años se han efectuado trabajos en torno al entendimiento de los mecanismos involucrados en el control, encontrándose algunas sustancias capaces de degradar componentes de la cubierta de los nematodos, las cuales podrían ser usadas en un futuro en programas de manejo (Garzón, J. y



Foto 6 (izq).

Planta de café.

Foto 7 (Der)

Planta de plátano.



Foto 8 (izq).

Cultivo de flores.  
Cortesía Flores  
Esmeralda S.A.S.  
(Laceja, Antioquia).

Foto 9(Der)

Planta de guayaba.

Agudelo, F., 1995; Giraldo, M. et al., 1996; Cardona, N. y Leguizamón, J., 1997; Mañuzca, A. et al., 1997; Mosquera, A., et al., 1997; Giraldo, M. et al., 1998; Hincapié, R. y Leguizamón, J., 1999; Cardona, N., et al., 2008; Pavas, H., 2012).

Uno de los hongos más comúnmente utilizados para el control de nematodos es el *Purpureocillium lilacinum* (Luansga, J., et al., 2011) (ver Foto 10), empleado para el manejo del nematodo nodulador (*Meloidogyne* spp.) en diferentes cultivos.

Este organismo es uno de los principales factores limitantes en la producción de cultivos en campo, predominantemente en los trópicos. Su nombre responde a la sintomatología presentada en la raíz de la planta, caracterizada por la formación de engrosamientos ocasionados por la hembra, que se localiza en el interior del tejido (ver Foto 11).

Foto 10 (izq).

Hongo *Purpureocillium lilacinum* en medio de cultivo.



Foto 11 (Der)

Engrosamientos de raíz de tomate ocasionado por hembra de *Meloidogyne* spp.



La hembra localizada en este sitio se alimenta de sustancias producidas por la planta y altera las funciones de la raíz.

En el estudio de los hongos controladores es necesario encontrar la forma adecuada de multiplicarlo y producirlo, con el fin de que los agricultores tengan acceso a productos amigables con el medio ambiente y efectivos para el control de esta plaga. Existen algunos grupos de investigación en Colombia, como el grupo BIOMA (Biocontrol y Microbiología ambiental) de la Universidad de Antioquia, que vienen desde hace algunos años trabajando con el hongo *Purpureocillium* spp., una cepa nativa encontrada en suelo, codificada como UdeAo109. En los trabajos desarrollados por este grupo se logró su producción en una presentación líquida, de fácil manejo, comprobándose su efectividad en laboratorio e invernadero (ver Foto 12), bajo diferentes condiciones de almacenamiento (Sánchez, J., 2013; Cardona, H. y Montoya, G., 2013) (ver fotos 13 A-B).

Foto 12(izq).

Cultivo de plántula para ensayos en invernadero.

Los pasos a seguir en estos estudios se encaminan a la realización de pruebas en campo, pues a partir de ello se podrá, en un futuro cercano, suministrar recomendaciones para su aplicación adecuada en cultivos de importancia económica, con el fin de disminuir el uso de productos químicos que alteran el medio ambiente.

Foto 13A (Derecha arriba)

Multiplicación de cepa UdeAo109 en laboratorio.



Foto 13B (Derecha abajo)

Producto para el control de nematodos en formulación líquida



## Referencias

- Cardona, H. V. y Montoya, G. J. (2013). Evaluación de la patogenicidad del bioformulado de esporas de *Purpureocillium* spp. (Cepa UdeA 0109) sobre poblaciones de *Meloidogyne* spp. en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) **bajo condiciones de invernadero**, Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo Medellín, Antioquia, Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto de Biología, pp. 21-xx.
- Cardona, N. L.; Betancur, J. F.; Rivera, S. L. F.; Gaitán, B.A. (2008), "Identificación de genes candidatos de patogenicidad en la interacción de la cepa Cenicafé 9501 con el nematodo del nudo radical *Meloidogyne* spp., en *Agronomía Colombiana*", vol. 61, núm. 2, pp. 4526-4540.
- Cardona, N. y Leguizamón, J. (1997), "Aislamiento y patogenicidad de hongos y bacterias al nematodos del nudo radical del café *Meloidogyne*", en Goeldi. *Fitopatología Colombiana*, 21(1), pp. 39-52.
- Garzón, J. y Varón de Agudelo, F. (1995). Estudios de *Biocontrol* de *Meloidogyne* spp. *Goeldi con organismos fungosos* [Tesis de grado]. Palmira, Valle, Universidad Nacional de Palmira, Facultad de Agronomía, . 73 p.
- Hincapié, R. D. y Leguizamón, J. E. (1999), Efecto de *Verticillium chlamydosporium* Goddar en el control de *Meloidogyne* spp. En Goeldi, "Almácigos de café variedad Caturra", *Revista Cenicafé*, vol. 50(4), pp. 286-298.
- Giraldo, M.; Leguizamón, J. y Chávez, B. (1996), "Control Biológico de *Meloidogyne*. Goeldi. Con el hongo *Paecilomyces lillacinus* (Thom) Samson, en Plantas de estropajo (*Luffa cylindrical* L)", *Fitopatología Colombiana*, vol. 20(1), pp. 20-26.
- Giraldo, M.; Leguizamón, J. y Chávez, B. (1998), "Evaluación de *Paecilomyces lillacinus*, en (Thom) Samson, Plantas de café (*Coffea arábica*) variedad caturra", *Fitopatología Colombiana*, vol. 21(2), pp. 104-117.
- Kaþkavalci, G.; Tüzel, Y.; Dura, O. y Öztekyñ, G. (2009), "Effects of alternative control methods against *Meloidogyne* incognita in organic tomato production", en *Ekoloji*, vol. 18, núm. 72, pp. 23-31.
- Kerry, B. R. (2000), "Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant-parasitic nematodes", en *Annual Review of Phytopathology*, vol. 38, pp. 423-441.
- Kerry, B. R. y Hominick, W. M. (2002), "Biological control". In D. Lee (Ed.), *The biology of nematodes*, *Taylor & Francis*, London-New York, pp. 483-509.
- Luangsa, J. J.; Houbraken, J.; Van Dorm, T.; Hong, S. B.; Borman, A. M.; Hygel-Jones, N. L. y Samson, R. A. (2011), "*Purpureocillium*, a new genus for the medically important *Paecilomyces lillacinus*", en *FEMS Microbiol Lett*, vol. 321, pp. 141-149.
- Mañuzca, A. y Varón de Agudelo, F. (2001), "Identificación y patogenicidad de hongos como posibles agentes de control biológico de *Meloidogyne* spp. *Fitopatología Colombiana* vol. 25 (1):33-37.
- Mosquera, A.; Murcia, N. y Varón de Agudelo, F. 1995. Susceptibilidad del guayabo a nematodos fitoparásitos. *ASCOLFI INFORMA* 20:71-75
- Ortuño, N. y Oros, R. (2002), "Nematodos que atacan cultivos ornamentales", en *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, Costa Rica, núm. 66, pp. 76-81.
- Pavas, C. H. (2012), Evaluación del efecto antagonista del filtrado crudo de la cepa UdeA 0106 sobre *Meloidogyne* spp. in vitro [Trabajo de grado], Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto de Biología.
- Piedra, R. (2008), "Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias", en *Tecnología en Marcha*, vol. 21-1, pp. 123-132.
- Sánchez, J. (2013). *Estudio de viabilidad de las estructuras del hongo Purpureocillium sp. Cepa udea0109 formulado en un ingrediente inerte, bajo diferentes condiciones de tiempo y temperatura*, Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Sección oriente-Carmen de Viboral.
- Sasser, J. N. (1980), "Root-knot nematodes", en *American Phytopathological Society, Plant Disease*, North Carolina State University, vol. 64, núm. 1, p. 111.
- Vildósola, G. y Guíñez, A. (1979), "Control químico de nematodos en tomate (*Lycopersicon esculentum*)", en *Agricultura técnica*, vol. 39, núm. 1., pp. 39, 17-21.

Educación

# CIENCIA Y JUEGO: DESCUBRIENDO EL PROCESO CIENTÍFICO

SERGIO TORRES ARZAYÚS  
CENTRO INTERNACIONAL DE FÍSICA

[storresmd@gmail.com](mailto:storresmd@gmail.com)

**A** medida que aumenta en la sociedad contemporánea la dependencia de los productos de la tecno-ciencia, el entendimiento del proceso científico por parte del ciudadano se convierte en una necesidad cada vez más urgente. En concurrencia con esta realidad los educadores nos vemos enfrentados a los nuevos retos que surgen de los modelos sociales fabricados por intereses mediáticos y por el torrente de información indiscriminada que inunda la Internet y las redes sociales. Los educadores estamos compitiendo contra poderosas fuerzas sociales que, con su enfoque comercial, valoran más al rapero que al científico. La urgencia -a la cual se alude- de formar jóvenes que entiendan el proceso científico podría interpretarse como una campaña ingenua de reclutamiento de científicos; sin embargo, la realidad es muy diferente: son los jóvenes de hoy, líderes de un mañana no muy lejano, en quienes recaerá la toma de decisiones. Decisiones que, en razón de la globalización, tienen el potencial de afectar inmensamente a la sociedad; pues cada vez, en mayor grado, tienen que ver con asuntos científicos trascendentales para la vida individual y colectiva. Del medio ambiente al manejo de aguas, de la modificación genética de alimentos a la vacuna contra la malaria, del problema de la aspersión de glifosato a la búsqueda de fuentes alternativas de energía, todos estos aspectos de la sociedad contemporánea van a requerir líderes, sin importar cuál sea el área de formación académica y profesional, que sepan interpretar y dar a conocer la información científica.

## Educación informal

Aumentar la eficiencia del aprendizaje en el ambiente escolar es una meta obligada y exigente. Para responder a los complejos retos que ello supone, quienes trabajamos en educación nos damos cuenta de la urgente necesidad de encontrar alternativas que aumenten las oportunidades de aprendizaje disponibles al público. Debemos pues mirar las oportunidades que se dan fuera del aula de clase, porque el aprendizaje de la ciencia y, más importante aún, la motivación y el interés por la ciencia, es una discusión que va más allá del diseño curricular, de exámenes y tareas. Para reforzar esta idea bien podríamos recurrir a la anécdota, algo icónica, de Einstein y la brújula que le regaló su padre cuando era un niño de cinco años: Einstein quedó instantáneamente maravillado al ver la aguja de la brújula responder a una fuerza invisible. El mismo Einstein recuerda "...aun puedo recordar que esta experiencia dejó una marca muy profunda en mí..." (Isaacson, 2007, p. ).

En un estudio sobre el aprendizaje de la ciencia la Academia Nacional de la Ciencia (Bell, et al., 2009) examinó y documentó ampliamente la efectividad del aprendizaje en un ambiente informal. En general, los autores del estudio indican que la mayor parte del conocimiento que tiene el público sobre las ciencias se adquiere a través de actividades fuera de un ambiente escolar estructurado. Por tanto, queda claro que las organizaciones e instituciones, tanto gubernamentales como sin ánimo de lucro, que trabajan en el ámbito científico deben incorporar en sus programas un componente dirigido hacia la educación informal. Reconociendo la importancia del tema, la National Science Foundation financia el Center for Advancement of Informal Science Education<sup>1</sup> en Estados Unidos.

Las actividades científicas participativas dirigidas al público son una puntada más en el proceso de apropiación de la ciencia. Y aquí estamos hablando de apropiación fuerte, es decir, no la noción de apropiación como una simple campaña de alfabetización (divulgación, popularización y extensión), sino más bien aquella que hace que el ciudadano sea capaz, por una parte, de consumir la información científica responsablemente, y por otra, de reconocer cuándo la información científica está siendo interferida y polucionada por ideologías. El caso del negacionismo del cambio climático, por ejemplo, es una ilustración muy dramática de lo que puede ocurrir cuando la información científica es manipulada (Poveda, 2013). Entendida de esta manera, la apropiación fuerte de la ciencia es un elemento del proceso democrático, es un “fundamento de cualquier forma de innovación efectiva y democrática” (De Greiff y Maldonado, 2011, p. ).



## Elementos de la enseñanza en el ambiente informal

Para entender el proceso científico es importante superar el modelo de caja negra que emerge de la noción ingenua propuesta por el positivismo (inspirado en Comte), según la cual el conocimiento derivado del “método científico” es un producto -una teoría- objetivo y acabado. La ciencia es, ante todo, una actividad humana que se desarrolla dentro de un contexto social y, por lo tanto, está sujeta a factores extra-científicos (influencias políticas, interferencia ideológica, intereses comerciales, etc.). Esto no le resta validez a las ventajas epistémicas inherentes a una aproximación científica de la naturaleza (Torres, 2012), pero sí resalta las múltiples dimensiones de la práctica científica. Justamente

1. Para mayor información consultar: <http://informalscience.org/>

son estos los aspectos del proceso científico que un ciudadano, consumidor de los productos de la tecnociencia, debe comprender, y que todo líder con posibilidades en la toma de decisiones debe tener presente (Sutherland, et al., 2013).

Este preámbulo nos invita a considerar la siguiente pregunta: ¿cuales son los elementos que debe incorporar un programa de aprendizaje de la ciencia en un ambiente informal? Para dar respuesta resaltaremos los siguientes aspectos:

1. Carácter conjetural de las teorías científicas: las teorías son producto de la imaginación; son propuestas que explican las observaciones y pueden hacer predicciones; nunca proveen la respuesta final; están sujetas a revisión y a falsación (criterio de falsabilidad de Popper).
2. El proceso científico incorpora un mecanismo robusto de corrección de errores: tarde o temprano las teorías que no son consistentes con los datos se rechazan; el éter luminífero, el flogisto, el calórico, los rayos 'n' y los epiciclos tolemaicos son ejemplos de conceptos científicos que en su época fueron considerados como ideas lícitas pero luego fueron descartados.
3. Dominio de validez de las teorías: unas teorías gozan de sólido soporte empírico, otras son ideas incipientes; podemos clasificar el conocimiento científico según una escala que abarca diferentes niveles de madurez y validación y que va desde simples "ideas interesantes" (ejemplo: agujeros gusano) hasta realidades empíricas incontrovertibles (ejemplo: el planeta Tierra tiene forma de esferoide oblato). Toda teoría tiene un dominio de validez: la mecánica de Newton funciona para construir puentes pero no da resultados correctos para describir el comportamiento de partículas elementales que se mueven a una velocidad cercana a la velocidad de la luz, esto no quiere decir que la teoría de Newton es "incorrecta", simplemente es válida para velocidades no relativistas y está bien que las leyes de Newton se enseñen a estudiantes de ingeniería.
4. Ciencia y controversia: las teorías científicas emergen en un ambiente donde las ideas son debatidas, refutadas y contrapuestas a conceptos alternativos; en debates de alto calibre sale a flote la intensa rivalidad entre científicos: Hoyle vs. Gamóv, Eddington vs. Chandrasekhar, Hubble vs. Shapley, etc. (Torres, 2011). En este ambiente es común la disidencia: Arp en astronomía, Muller, Dyson, Happer en cambio climático. Con el tiempo los resultados experimentales van resolviendo las diferencias: a pesar de la enorme influencia de Eddington, la teoría de colapso estelar desarrollada por su rival, Chandrasekhar, sobrevivió las pruebas observacionales.



## Ciencia lúdica

Existen conceptos pedagógicos desarrollados para el ambiente formal en los que la idea es exponer a los estudiantes a los problemas y las tareas que enfrenta un científico en el ejercicio de sus proyectos (Etkina y Van Heuvelen, 2007). Podemos preguntarnos si esta metodología se puede adaptar al ambiente informal. La respuesta es que la ciencia lúdica es una actividad que maximiza las oportunidades para exponer a los jóvenes a la dinámica de la práctica científica. Esto es así por las siguientes razones:

1. **Juego de roles:** una situación donde el participante hace el papel de un científico se presta para presentar al “científico” los datos y consideraciones teóricas que el investigador debe procesar para elaborar una teoría; este ambiente es óptimo para introducir los aspectos extra-científicos ya mencionados; jugar el rol de científico -aunque sea por unos minutos- puede ser muy efectivo para desmitificar la imagen de “ser extraño” atribuida al científico (gracias a Hollywood);
2. **Motivación, interactividad y espontaneidad:** un ambiente no estructurado, libre de la presión de los profesores o de sus compañeros, es conducente para estimular la curiosidad de los participantes; igualmente, en medio de la diversión aumenta la probabilidad de retención y de estimulación del interés por la ciencia; los jóvenes entran a participar en un juego por motivación propia.
3. **El premio:** un juego que culmina con un premio para los ganadores involucra al estudiante en la actividad de manera más efectiva; el deseo de ganar el premio es una buena imagen para simbolizar el deseo de los científicos en ganar el “premio”. Para algunos científicos el “premio” es la satisfacción de resolver un problema científico o explicar exitosamente un fenómeno de la naturaleza, o, por qué no, ¡obtener el Nobel!

Reconocemos que este modelo no se da en un vacío: existe un telón de fondo donde aparecen memorias muy frescas del debate -aun no resuelto, de acuerdo con la opinión de este autor- entre Bohr y Einstein sobre si los objetos que manipula la ciencia corresponden a experiencias (interpretación epistemológica de Bohr) o a realidades exteriores independientes del observador (interpretación ontológica de Einstein). Este debate (Torres, 2012) es un episodio más del debate epistemológico clásico entre empiristas (Hume, Lock, Berkeley) y racionalistas (Descartes, Espinoza, Leibniz). No obstante el reconocimiento del mencionado trasfondo filosófico, aquí seguimos una línea pragmática.

Carrera de observación realizada por el Dr. Sergio Torres en la XIII Expociencia Expotecnología

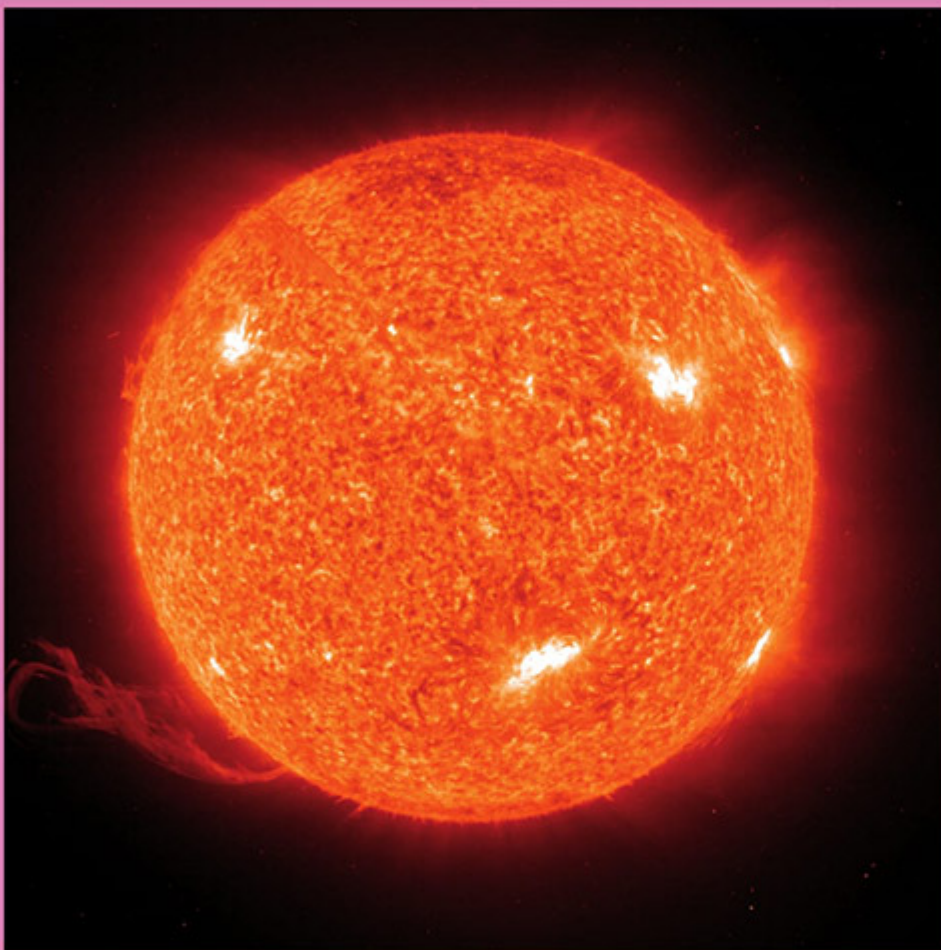


## Taller de Astronomía – carrera de observación

El tema del universo, con sus enigmas milenarios y deslumbrantes paisajes estelares, es particularmente adecuado para encender la chispa del interés por la ciencia en los jóvenes. ¿A quién no le inspira la belleza de una noche estrellada? Van Gogh con su noche estrellada nos da vivo testimonio de la atracción

del ser humano por los astros. Con el ánimo de poner a prueba el potencial pedagógico ofrecido por el juego, diseñamos una actividad para niños y niñas dentro del marco de la XIII Expociencia Expotecnología (Bogotá, 26 de octubre 26 – 3 de noviembre 3) consistente en una carrera de observación por el universo. Aprovechando la arquitectura de uno de los pabellones de la feria (con varios cubículos de expositores) se “escondieron” diferentes objetos astronómicos (posters) en los cubículos. A los estudiantes se les entregó un pasaporte al universo que debían hacer sellar a medida que iban descubriendo y visitando los stands. Cada página del pasaporte lleva la imagen del objeto astronómico que deben visitar. La imagen viene acompañada de una pregunta muy breve seguida de una respuesta igualmente concisa. El pasaporte le queda al estudiante para llevar a su casa y así poder consultar si le pica el interés.

## ¿Qué es una estrella?



Una estrella es una bola de gas (primordialmente hidrogeno) cuyo centro es un reactor nuclear

Al comienzo de la actividad, mientras se impartían algunas instrucciones, se les hizo preguntas a los estudiantes para determinar el nivel de conocimiento relativo a conceptos básicos sobre el universo. ¿Qué es una galaxia? ¿Dónde está el sistema solar? ¿Existen planetas fuera del sistema solar? ¿Qué hay en el universo? ¿Qué es una nebulosa? ¿Qué pasa cuando una estrella agota su combustible nuclear? Algunos niños no sabían bien la diferencia entre el sistema solar y la Vía Láctea, otros preguntaban si el concepto de una estrella como una nube de alta densidad donde ocurren reacciones nucleares era una “teoría comprobada”. Muchos preguntaban sobre agujeros gusano y otros temas exóticos más cercanos a la ciencia ficción que a la ciencia que ocupa las mentes de los astrofísicos. Para hacer el juego más atractivo se dispuso de premios (modelos de naves espaciales de la NASA) y se les dijo a los estudiantes que los premios se entregarían con base en la evaluación de una actividad relacionada con lo aprendido durante la carrera de observación.

Aunque la actividad fue dirigida hacia niños y niñas (entre 9 y 14 años), la experiencia fue extensiva a los padres de familia que acompañaron a sus hijos. Interesar a los adultos en la ciencia y en el aprendizaje de la ciencia por intermedio de sus niños ofrece dividendos multiplicados. Tristemente, algunas veces encontramos padres que dicen a sus hijos (posiblemente interesados en seguir una carrera científica) algo así como "...para qué estudias astronomía, si eso no te va a servir, por qué no estudias algo más práctico...".

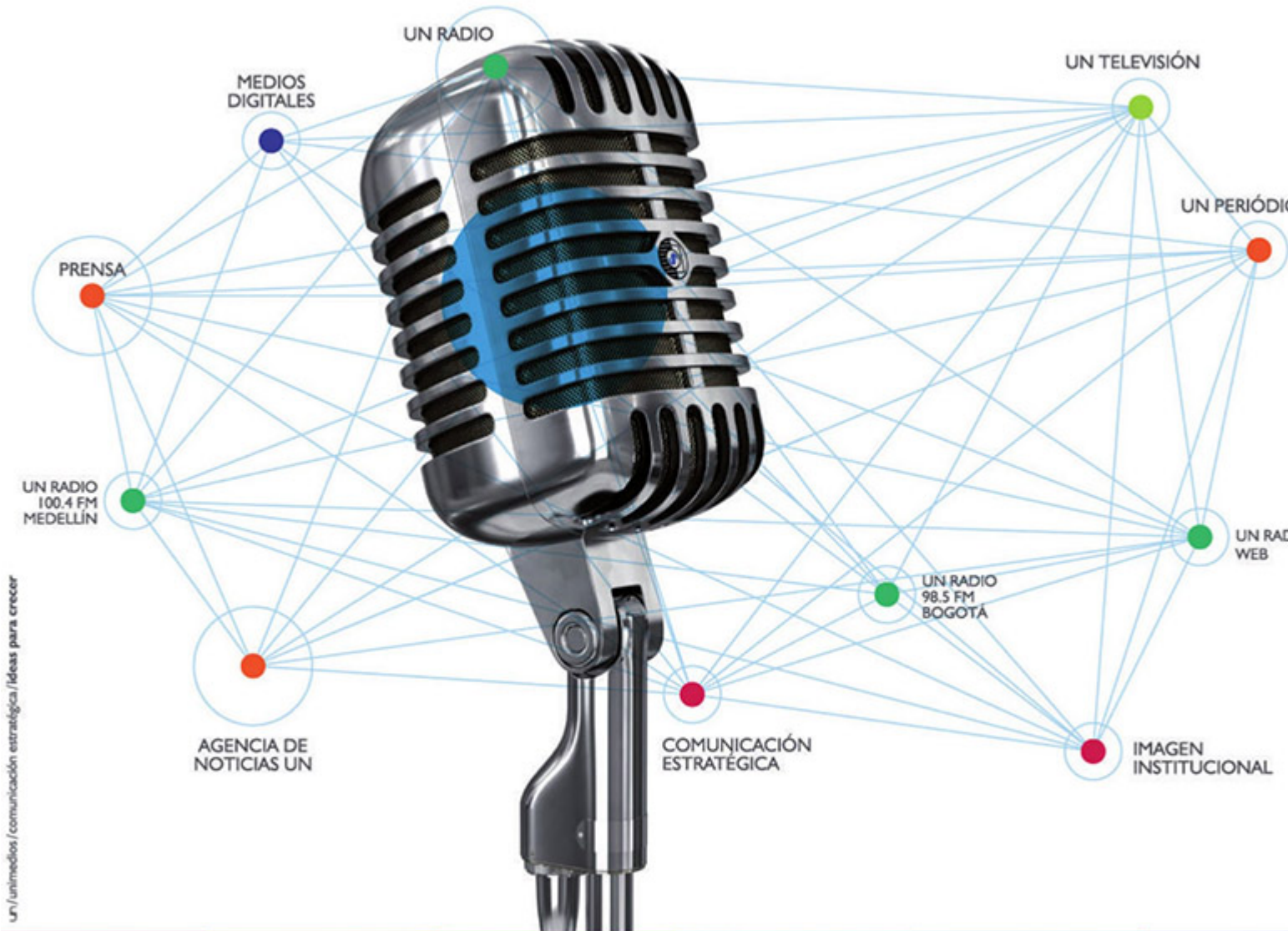
Fue un placer ver a los niños y niñas correteando por todo el pabellón, entusiasmados por encontrar los tesoros astronómicos escondidos entre los cubículos del recinto. Algunos tomaban notas, otros hacían preguntas a los estudiantes monitores que nos ayudaron a supervisar los stands. Al final de la carrera se convocó a los participantes y se organizó un breve conversatorio donde repasamos las preguntas que se hicieron al comienzo. Con lo aprendido durante las visitas a los stands se aclaró la confusión sobre la Vía Láctea y el sistema solar, al igual que varios otros conceptos básicos. Al cierre del conversatorio se les pidió a los estudiantes que dibujaran un mapa del universo basado en lo aprendido. La idea aquí era verificar que los estudiantes eran capaces de identificar los objetos astronómicos que pueblan el universo (estrellas, galaxias, nebulosas, sistemas solares, etc.) y las relaciones entre ellos (estrellas y planetas conforman sistemas solares, galaxias son sistemas configurados por grupos de estrellas, el universo a gran escala está compuesto por cúmulos de galaxias, etc.).

Con la experiencia ganada en esta actividad estamos seguros que, mediante el juego, los participantes quedaron más motivados por aprender sobre estos temas de lo que hubieran quedado con una conferencia o una presentación formal. El juego de la carrera de observación es adecuado para explorar el proceso de observación y descubrimiento, el cual es apenas uno de los aspectos del proceso científico mencionados arriba: la observación y toma de datos es un componente del proceso de elaboración de teorías científicas. Se requiere de actividades adicionales para cubrir otros aspectos del proceso científico. Una versión del juego, para estudiantes de mayor edad, se puede adaptar para tratar el tema del dominio de validez de una teoría científica, por ejemplo considerando los límites de validez de la mecánica de Newton.

## Referencias

- Bell, P., et al. (2009), *Learning science in informal environments: people, places, and pursuits*. Committee on Learning Science in Informal Environments, Board on Science Education, Washington, D.C., Center for Education, National Research Council of the National Academies.
- De Greiff, A. y Maldonado, O. J. (2011), "Apropiación fuerte del conocimiento: una propuesta para construir políticas inclusivas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina", en Hernández, A. A. y Kreimer, P., *Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina*, Bogotá, Siglo del Hombre Editores: 209-261.
- Etkina, E. A. y Van Heuvelen, A. (2007), "Investigative Science Learning Environment—A Science Process Approach to Learning Physics," in *Research Based Reform of University Physics*, edited by E. F. Redish and P. Cooney, recuperado de [http://per-central.org/per\\_reviews/media/volume1/ISLE-2007.pdf](http://per-central.org/per_reviews/media/volume1/ISLE-2007.pdf).
- Isaacson, W. (2007), *Einstein: His Life and Universe*, Simon & Schuster, New York.
- Poveda, G. (2013), "El cambio climático inducido por el hombre y sus impactos sobre los recursos hídricos demandan acciones urgentes", en *Innovación y Ciencia*, vol. XX, núm. 3: 34-45.
- Sutherland, W., et al. (2013), "Twenty tips for interpreting scientific claims", en *Nature*, vol. 503, (21 of november 2013): 335-337.
- Torres, S (2011), *EL BIG BANG: aproximación al universo y a la sociedad*, Bogotá, Siglo del Hombre Editores, URL: <http://www.astroverada.com/libro/>
- Torres, S. (2012), "La estructura de las revoluciones científicas: 50 años de reflexión sobre la racionalidad de la ciencia", en *Innovación y Ciencia*, vol. XIX, núm. 4: 18-31.

[www.unimedios.unal.edu.co](http://www.unimedios.unal.edu.co)



un/unimedios/comunicación estratégica / Ideas para crecer



# El metapneumovirus humano, una amenaza adicional para los niños<sup>1</sup>

© Andrés Alvarado

**LILIA JADITH BERNAL CEPEDA**

OD, UNIVERSIDAD NACIONAL, CANDIDATA A MAGISTER EN FARMACOLOGÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, JOVEN INVESTIGADOR, FACULTAD DE ODONTOLOGÍA.

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

**JULIANA BARBOSA RAMÍREZ**

BACTERIÓLOGA Y LABORATORISTA CLÍNICA. MAGISTER EN BIOLOGÍA, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. GRUPO DE VIROLOGÍA, INSTITUTO NACIONAL DE SALUD.

[jbarbosa@ins.gov.co](mailto:jbarbosa@ins.gov.co)

**JAIME E. CASTELLANOS**

PHD EN BIOQUÍMICA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. DIRECTOR INSTITUTO DE VIROLOGÍA, UNIVERSIDAD DEL BOSQUE. PROFESOR TITULAR CATEDRÁTICO, UNIVERSIDAD

## Resumen

Las infecciones respiratorias por virus, son una de las causas más importantes de mortalidad en niños en todo el mundo. Además de los días de incapacidad generados, conducen a un gran ausentismo laboral de los padres. La causa más frecuente de las infecciones respiratorias agudas (IRA) en los niños es el virus sincitial respiratorio, sin embargo, el metapneumovirus humano, que se descubrió en 2001, ha sido detectado de manera frecuente en muestras respiratorias provenientes de casos severos de IRA. En este artículo presentamos información general sobre este virus y su importancia en las infecciones respiratorias agudas.

## El Metapneumovirus humano, los antecedentes

La infección respiratoria aguda (IRA) constituye una de las principales causas de hospitalización de pacientes pediátricos. La mayor parte de estas infecciones, causadas por virus, afectan de manera significativa las cifras de morbilidad y mortalidad, lo cual conlleva a graves problemas de orden social y económico para los servicios de salud y las comunidades. Los síntomas pueden variar desde una enfermedad respiratoria leve hasta casos de neumonías fatales en niños, personas mayores o en personas con su sistema de defensa comprometido.

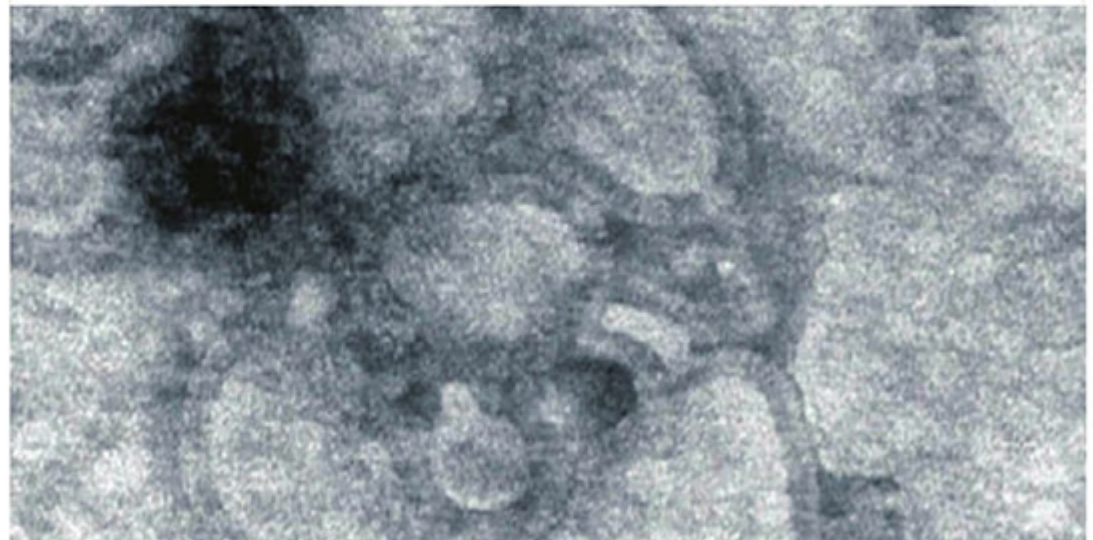
Los virus que causan más frecuentemente infecciones respiratorias en los humanos son el virus sincitial respiratorio humano (hVSR), los adenovirus (AdV), el virus de influenza A y B (Flu A y Flu B), los virus de parainfluenza 1, 2 y 3 (PIV 1,2 y 3), el metapneumovirus humano (hMPV), el rinovirus (RV), los enterovirus (EV), el coronavirus (hCoV) y el bocavirus (hBoV) (Maffey, et al., 2008).

La presentación clínica de las infecciones respiratorias causadas por estos virus suelen ser muy similares, lo cual dificulta la determinación de la causa, permitiendo que muchas terminen sin ser diagnosticadas. Un diagnóstico adecuado y rápido mejora el pronóstico de la enfermedad, evita el uso inadecuado de antibióticos y reduce la diseminación del virus al aislar a los pacientes infectados.

1. La presente revisión se hizo en el marco del Proyecto 210 451 928989, financiado por Colciencias, El Instituto Nacional de Salud, la Universidad El Bosque y la Universidad Nacional de Colombia.

El metapneumovirus humano (hMPV) es un patógeno asociado a infecciones graves de las vías respiratorias superiores e inferiores, que se propagó en humanos de manera desapercibida durante décadas. Estudios en sangre de individuos mayores, mostraron la presencia de anticuerpos contra hMPV en la población humana desde 1950. Fue encontrado por primera vez en 2001, tras la evaluación de muestras de niños que estaban experimentando infecciones con sintomatología similar a la generada por VSR, pero sin que se encontrara este virus. Los análisis de reacción en cadena de la polimerasa (Polymerase chain reaction, PCR) y de secuenciación revelaron que se trataba de un virus similar al metapneumovirus de aves, con un genoma de ARN (ácido ribonucleico) de una sola hebra, con sentido negativo, es decir, complementario y antiparalelo a los ARN mensajero, por lo que debe ser convertido en un ARN positivo para poder ser traducido a proteína. Debido a características como la morfología del virus y la organización del genoma, se clasificó como el primer miembro del género de metapneumovirus humano, que hace parte de la familia Paramyxoviridae (Cox, et al., 2013).

Inicialmente, la infección por hMPV se estableció como una importante patología en la población pediátrica mundial, sin embargo, se ha observado que también infecta individuos de todas las edades. Se ha reportado que puede presentarse como co-infecciones con otros virus respiratorios adquiridos en comunidad, observándose que los niños, los ancianos, las personas inmunosuprimidas y/o con enfermedades como tumores, infecciones bacterianas, epilepsia o bebés prematuros, entre otras, presentan infecciones más graves (Boivin, et al., 2002). Greensill y colaboradores (2003), describieron un grupo de 30 lactantes con diagnóstico de bronquiolitis por VSR, donde el 70% de ellos presentaban co-infección por metapneumovirus, sugiriendo que la presencia de ambos virus podría ser un factor influyente en la gravedad de la enfermedad (Calico, et al., 2009).



Vista del virus a través de un microscopio

Los análisis epidemiológicos muestran que aproximadamente el 25% de los niños entre 6 a 12 meses ya han tenido al menos una infección por hMPV (pues presentan anticuerpos en la sangre) y que hacia los 5 años, todos los niños son seropositivos (presentan anticuerpos en sangre), demostrando el contacto con el virus. En la población pediátrica, de todas las infecciones virales respiratorias que requieren hospitalización, el 10% están asociadas a infección por hMPV, 40% a VRS y 5% a adenovirus. Se considera que la infección respiratoria en los pacientes pediátricos es más grave debido a la inmadurez inmunológica y también al efecto inmunosupresor de los anticuerpos transmitidos por la madre. Estos anticuerpos transferidos durante el embarazo protegen al niño hasta los 6 meses, pero después, esos mismos anticuerpos generan un efecto negativo porque interfieren el desarrollo de anticuerpos por parte del sistema inmunológico del lactante (Viegas, 2011).

En los adultos, el hMPV es el responsable solamente de un 4,5%, de las enfermedades respiratorias graves (Van den Hoogen, et al., 2001; Feuille, et al., 2012). El hMPV es altamente infeccioso y se ha detectado su presencia en todos los continentes. La incidencia de nuevos casos varía según las estaciones: en zonas templadas circula a comienzos del año, mientras que en climas tropicales, el virus aparece a

mediados de cada año (Kroll, et al., 2004). En Colombia, diferentes tipos de análisis como cultivo celular, inmunofluorescencia y RT-PCR (reacción en cadena de la polimerasa precedida de una transcripción inversa), han permitido diagnosticar infecciones respiratorias inferiores causadas por hMPV en población pediátrica, sugiriendo que este virus ya se constituye en un elemento importante a nivel epidemiológico en nuestro país (Espinal, et al., 2012). Más recientemente en Colombia se encontró que el 53% y el 9% de las muestras respiratorias tomadas en todo el país, en un periodo de 12 años, fueron positivas para VSR y hMPV respectivamente (Barbosa, et al., 2013).

## ¿Cómo es la enfermedad y como se transmite?

Los análisis genéticos han mostrado que existen dos grupos principales de hMPV, el A y el B y, además, cuatro subgrupos conocidos como A1, A2, B1 y B2. La diferencia entre los diversos grupos radica en diferencias en la secuencia del gen que codifica para la proteína de fusión (proteína F) y para la glicoproteína de superficie (proteína G).

El hMPV se trasmite por contacto directo con una persona infectada o mediante secreciones contaminadas como saliva, gotas o aerosoles que se generan durante la tos o los estornudos de los pacientes (Figura 1). Después del contacto, pasan tres a cinco días antes de que aparezcan los síntomas (Periodo de incubación). El virus se replica inicialmente en la mucosa de la nariz y la faringe, y los signos de infección respiratoria inferior aparecen aproximadamente entre 1 y 3 días después de que aparece la secreción de moco nasal (rinorrea). El cuadro clínico puede presentar desde síntomas leves hasta cuadros severos de bronquiolitis y neumonía. Otros síntomas que pueden aparecer son tos, dolores musculares (mialgias), fiebre alta, dificultad para respirar (disnea), rinorrea, aumento de la frecuencia respiratoria (taquipnea), sibilancias (sonido que hace el aire al pasar por las vías respiratorias congestionadas). Muchos niños continúan diseminando el virus durante el periodo de hospitalización y algunos pueden continuar excretando el virus en la saliva o el moco nasal durante semanas, después de la recuperación clínica. Los exámenes de laboratorio pueden mostrar disminución en el número de linfocitos (linfopenia), disminución en el número de neutrófilos (neutropenia) y elevación de las transaminasas (enzimas del hígado con funciones metabólicas). En las radiografías de tórax y tomografías computarizadas se pueden observar signos de neumonía aguda, que se pueden asociar a bronquiolitis/bronquitis (Haas, et al., 2013).

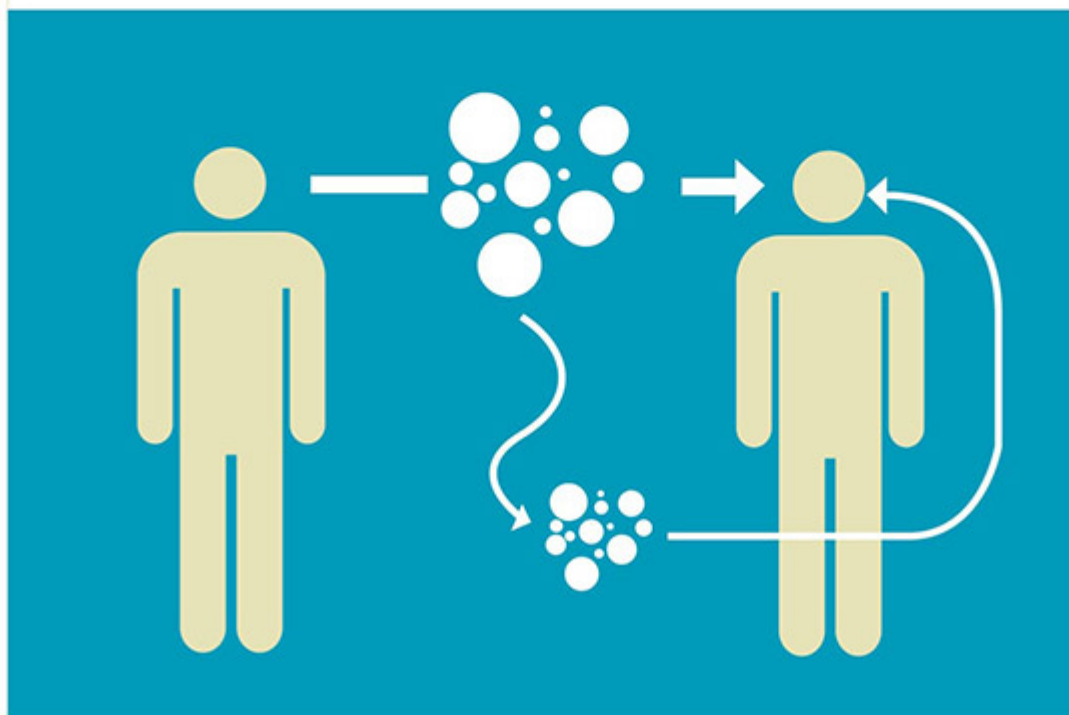


Figura 1.

Las infecciones respiratorias causadas por virus se transmiten principalmente por contacto directo con las secreciones que salen durante el estornudo o la tos de un paciente. Las pequeñas gotas con virus pueden permanecer flotando en el aire por varios minutos, hasta que alguien los aspira, para iniciar la infección en este segundo individuo. También, los virus presentes en las gotas pueden adherirse a superficies lisas (puertas, pasamanos, teclados, etc.) y allí sobreviven por varias horas, desde donde pueden pegarse a las manos de otro individuo que al tocarse la boca, la nariz o los ojos, inocula el virus e inicia la infección. Como los virus respiratorios tienen envoltura de lípidos, se degradan con el jabón, por eso lavarse las manos elimina los virus y bacterias. Las gotas de saliva y moco durante un estornudo pueden salir a una velocidad de 100 km/hora y llegar a una distancia de hasta 10 metros. (Elaborado por Jaime

## La estructura del virus

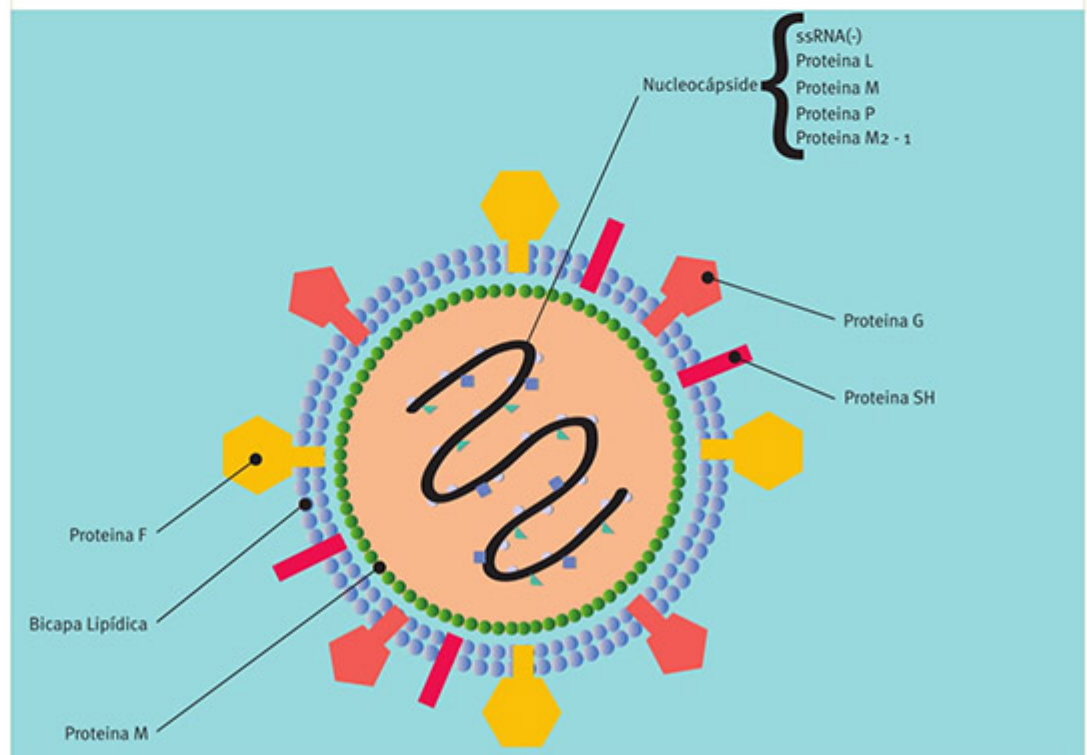
La estructura conformada por el ARN viral y protegido por una estructura de proteínas, denominada nucleocápside, se encuentra rodeada por una envoltura de lípidos que proviene de la célula infectada. En esta envoltura se insertan tres glicoproteínas de superficie: la glicoproteína (G), la proteína de fusión (F) y la proteína hidrofóbica pequeña (SH). La proteína G es la encargada de unir el virus a la célula e iniciar la infección. A su vez, la proteína F dirige la penetración viral, pues se encarga de fusionar la envoltura del virus con la membrana de la célula huésped. Luego de la infección, la proteína F se expresa en la membrana de las células e induce la fusión de ellas, formando grandes células fusionadas llamadas sincitios. El virus posee también una proteína de matriz (M) que se cree forma una capa en la cara interior de la envoltura, esta proteína interactúa con otras para ayudar al ensamblaje y formación de los nuevos virus que saldrán de las células infectadas.

El genoma viral es un ARN de sentido negativo no fragmentado que se asocia con cuatro proteínas (proteínas N, P, L y M2-1), que son las encargadas de transcribir y replicar el ARN, que será insertado en los nuevos virus (ver Figura 2).

Cuando el virus ingresa al organismo, desata una respuesta de defensa que consiste en evitar la replicación del virus en las células (respuesta innata) y también una respuesta de anticuerpos y linfocitos específicos (respuesta adaptativa). La primera línea de defensa en un individuo está formada por barreras físicas como los epitelios y las mucosas integrales. Posteriormente, se induce la producción de anticuerpos neutralizantes a nivel de la mucosa y a nivel general. La inmunidad celular es particularmente importante en la eliminación del virus y de las células infectadas. En esta fase inmunológica, participan las células NK (del inglés, natural killer) que son importantes en la defensa inmunitaria de todas las infecciones, y también los Linfocitos T CD8+ 8 (que son la línea de los linfocitos T encargados de las funciones de destrucción de las células infectadas). Otro elemento indispensable como mecanismo de defensa contra el virus lo constituyen las citoquinas, dentro de las cuales se incluye la familia de los interferones (IFNs), que son producidos de manera natural por el sistema inmunitario, como respuesta a agentes patógenos

Figura 2.

Esquema de la estructura general del Metapneumovirus humano. (Elaborado por Lilia Jadith Bernal).



virales. Se ha reportado que los IFNs juegan un papel crucial, pues inducen una respuesta temprana contra el virus y también modifican la respuesta inmune innata (inespecífica) y posteriormente la adaptativa (específica). En esta

familia de mediadores se han incluido los IFNs tipo I ( $\alpha$  y  $\beta$ ), el IFN tipo II ( $\gamma$ ) y recientemente se han descrito los IFNs tipo III ( $\lambda$ ).

## ¿Cómo se diagnostica el metapneumovirus?

El diagnóstico de hMPV se puede hacer poniendo las secreciones nasales sobre cultivos celulares para aislar el virus. Se puede hacer inmunofluorescencia indirecta (IFI) para detectar en el laboratorio con anticuerpos si el virus está en las secreciones. También se hace Ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA) para detectar si hay virus o anticuerpos en el paciente, y por último, se puede detectar el ARN del virus por RT-PCR. Se recomienda el uso de diferentes pruebas debido a que ninguna posee una sensibilidad del 100% (Eiros, et al., 2009). Existe mucha dificultad para propagar el hMPV en cultivos celulares en comparación con el VSR. Además, el hMPV se replica in vitro más lentamente que el VSR, el daño celular que produce (efecto citopático) es menos prominente y la cantidad de virus que se obtiene es bajo. (Knipe, et al., 2013). La RT-PCR es frecuentemente utilizada en el diagnóstico molecular de la infección por hMPV. Comercialmente existen en el mercado sistemas que permiten la detección simultánea de múltiples virus respiratorios (ej. xTAG® RVP FAST, Luminex), incluyendo el hMPV. Se ha demostrado que la PCR múltiple aumenta la sensibilidad de detección de virus respiratorios en niños en 74,3%, comparada con la IFI y el aislamiento viral, manteniendo al mismo tiempo una excelente especificidad, por lo tanto es la prueba que más se está usando en todo el mundo (Gharabaghi, et al., 2011).

## ¿Cómo se puede tratar la infección por hMPV ?

Hasta el día de hoy, no existe vacuna, ni tratamiento farmacológico específico para el manejo de la infección por hMPV, aunque varios estudios han realizado importantes acercamientos a una posible terapia contra el virus. La base del tratamiento de las infecciones respiratorias es de apoyo, la cual consiste en la eliminación mecánica de las secreciones, administración de oxígeno, líquidos intravenosos y, en los casos más graves, la asistencia respiratoria con ventilación mecánica.

La Ribavirina es un antiviral de amplio espectro, que inhibe una gran variedad de virus ARN incluyendo hMPV. Este agente ha mostrado efectividad in vitro y en modelos animales, pero su eficacia en humanos no está comprobada, sin embargo, ha sido usada empíricamente para el manejo de la infección.

Aunque para el caso de la infección por VSR se utilizan anticuerpos neutralizantes como terapia preventiva (ej. palivizumab), el cual bloquea la proteína F del virus, no existen anticuerpos terapéuticos contra el hMPV, aunque se han probado algunos anticuerpos monoclonales en ratones, pero, su efectividad en seres humanos no se conoce (Kroll, et al., 2004). Con respecto a una vacuna, se han venido analizando y probando virus inactivados, virus vivos atenuados, proteínas individuales del virus como posibles inmunizantes y se ha observado que los estudios en células y ratones son bastante promisorios, aunque ningún candidato vacunal ha avanzado a la siguiente fase. En general, se propone que las proteínas virales de superficie podrían usarse como vacunas, y en experimentos en animales han mostrado una adecuada inducción de la respuesta inmunológica y eficacia protectora, sin embargo, no han sido probadas en humanos y no se conoce su utilidad clínica. (Haas, et al., 2013).

La infección por hMPV puede reducirse con un frecuente y adecuado lavado de manos, limitando la exposición con individuos infectados y evitando la auto-inoculación de la mucosa nasal y conjuntival (ver Figura 3). En este punto resulta clave el aislamiento de pacientes infectados que frecuenten lugares con gran densidad poblacional, como por ejemplo los niños en escuelas y jardines. La propagación del virus en el ámbito hospitalario puede disminuirse con el empleo de guantes, batas y tapabocas por parte de los profesionales de la salud.

Debido al reciente descubrimiento del virus son muchos los aspectos que aún permanecen sin esclarecer. Conocer el virus, los mecanismos de transmisión, la infección que genera, etc., permitirá proponer estrategias de prevención de la infección y propagación del virus en la comunidad.

Figura 3.

Estrategia de control de las infecciones respiratorias. (Elaborado por Jaime E. Castellanos).



1.- Cuando este con gripa, al estornudar o toser cubra su nariz y boca con un pañuelo. Después bólelo a la basura y lávese las manos lo más pronto posible.



2.- Si no tiene pañuelo, cubra con su brazo su cara al estornudar o toser. NO ESTORNUDE SOBRE LAS MANOS



3.- Si tiene enfermedad respiratoria, use un tapabocas todo el tiempo. Sus amigos y parientes se lo agradecerán.



4.- Lave sus manos con agua y jabón varias veces al día. Las manos son el medio más eficiente para transmitir virus y bacterias. ELIMINELOS con jabón.

## Referencias

- Ávila, L. y Castellanos J. E. (2013), "Diagnostico virológico de la infección por virus sincitial respiratorio", en *Revista Salud Bosque*, vol. 3, núm. 1: 23-36.
- Barbosa, J.; Rey-Benito, G. J.; Pulido, P. y Méndez, J. A. (2013), "Identificación de virus respiratorios clásicos y emergentes en la vigilancia de la infección respiratoria aguda en Colombia", (2000 - mayo de 2013), en *Biomédica*, vol. 33 (Supl.2): 37-69.
- Boivin, G.; Abed, Y.; Pelletier, G.; Ruel, L.; Moisan, D., Cote, S., et al.. (2002), "Virological Features and Clinical Manifestations Associated with Human Metapneumovirus: A New Paramyxovirus Responsible for Acute Respiratory-Tract Infections in All Age Groups", in *The Journal of Infectious Diseases*, núm. 186: 1330-1334.
- Calico, I.; Lowak, M.; Bas, A.; Betbese, M.; Fuentes, F y Loaiza, N. (2009), "Estudio Comparativo de inmunofluorescencia directa, enzimoimmunoanálisis y cultivo para el diagnóstico de las infecciones por metapneumovirus humano", en *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, vol. 6: 322-325
- Cox, R. y Williams, J. (2013), "Breaking In: Human Metapneumovirus Fusion and Entry", en *Viruses*; 5: 192-210.
- Ebihara, T.; Endo, R.; Ishiguro, N.; Nakayama, T.; Sawada, H. y Kikuta1, H. (2004), "Early reinfection with human metapneumovirus in an infant", in *Journal of Clinical Microbiology*; 42 (12): 5944-5946.
- Eiros, J. M.; Ortiz de Lejarazu, R.; Tenorio, A.; Casas, I.; Pozo, F.; Ruiz, G., et al. (2009), "Diagnóstico microbiológico de las infecciones virales respiratorias", en *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*; 27: 168-177.
- Eggleston, H. D.; Gunville, C.; Miller, J.; Sontag, M. y Mourani, P. (2013), "A Comparison of Characteristics and Outcomes in Severe Human Metapneumovirus and Respiratory Syncytial Virus Infections in Children Treated in an Intensive Care Unit", in *The Pediatric Infectious Disease Journal*.
- Espinal, D.; Hurtado, I.; Arango, A.; García, J.; Laguna-Torres, V. y Jaramillo, S. (2012), "Metaneumovirus humano en niños: primeros casos en Colombia", en *Biomédica*; 32:174-178.
- Feuillet, F.; Lina, B.; Rosa-Calatrava, M. y Boivin, G. (2012), "Ten years of human metapneumovirus research", in *Journal of Clinical Virology*; 53: 97-105.
- Gharabaghi, F.; Hawan, A.; Drews, S. y Richardson, S. (2011), "Evaluation of multiple commercial molecular and conventional diagnostic assays for the detection of respiratory viruses in children", in *Clinical Microbiology and Infection*; 17: 1900-1906.
- Greensill, J.; McNamara, P. y Hart A. (2003), "Human Metapneumovirus in Severe Respiratory Syncytial Virus Bronchiolitis", in *Emerging Infectious Diseases*; 9(3): 372-375.
- Haas, L.; Thijssen, S.; Elden, L. y Heemstra, K. (2013), "Human Metapneumovirus in Adults", in *Viruses*; 5: 87-110.
- Knipe, D.; Howley P, et al. (2013), "Fields Virology" (6th edition), vol. two, Chapter 46: Respiratory syncytial Virus and Metaneumovirus. Lippincott Williams & Wilkins.
- Kroll, J. y Weinberg, A. (2004). "Human Metapneumovirus", *Seminars in respiratory and critical*, in *Critical Care Medicine*; 32 (4): 447-453.
- Landry, M.; Ferguson, D.; Cohen, S.; Peret, T. y Erdman, D. (2005), "Detection of Human Metapneumovirus in Clinical Samples by Immunofluorescence Staining of Shell Vial Centrifugation Cultures Prepared from Three Different Cell Lines", in *Journal of clinical microbiology*, vol. 43, núm. 4: 1950-1952 .

- Maffey, A. (2008), "Nuevos virus asociados a infecciones respiratorias en niños", in *Archivos Argentinos de Pediatría*; 106 (4):341-350.
- Van den Hoogen, B.; De Jong, J.; Groen, J.; Kuiken, T.; Groot, R., Fouchier, R., et al. (2001), "A newly discovered human pneumovirus isolated from young Children with respiratory tract disease", in *Nature Medicine*; 7: 719-724 .
- Viegas, M. (2011), "Epidemiología molecular del virus sincicial respiratorio en pacientes pediátricos en un período de seis años", in *Acta bioquímica clínica Latinoamericana*; 45 (1): 3-45.



Dirección de Investigación,  
Desarrollo e Innovación



## Ciencia y tecnología para el desarrollo y la transformación social

- Entre las diez mejores universidades del país según el Ranking SCIMAGO.
- Cerca de 120 proyectos de innovación tecnológica universidad-empresa y más de 160 investigaciones con impacto científico, tecnológico y social.
- 38 grupos de investigación registrados por Colciencias y 10 revistas científicas indexadas en Publiindex.
- 7 patentes otorgadas y 70 tecnologías transferidas al sector productivo.
- Más de 350 profesores e investigadores con títulos de maestría y doctorado.

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

Mayores informes:

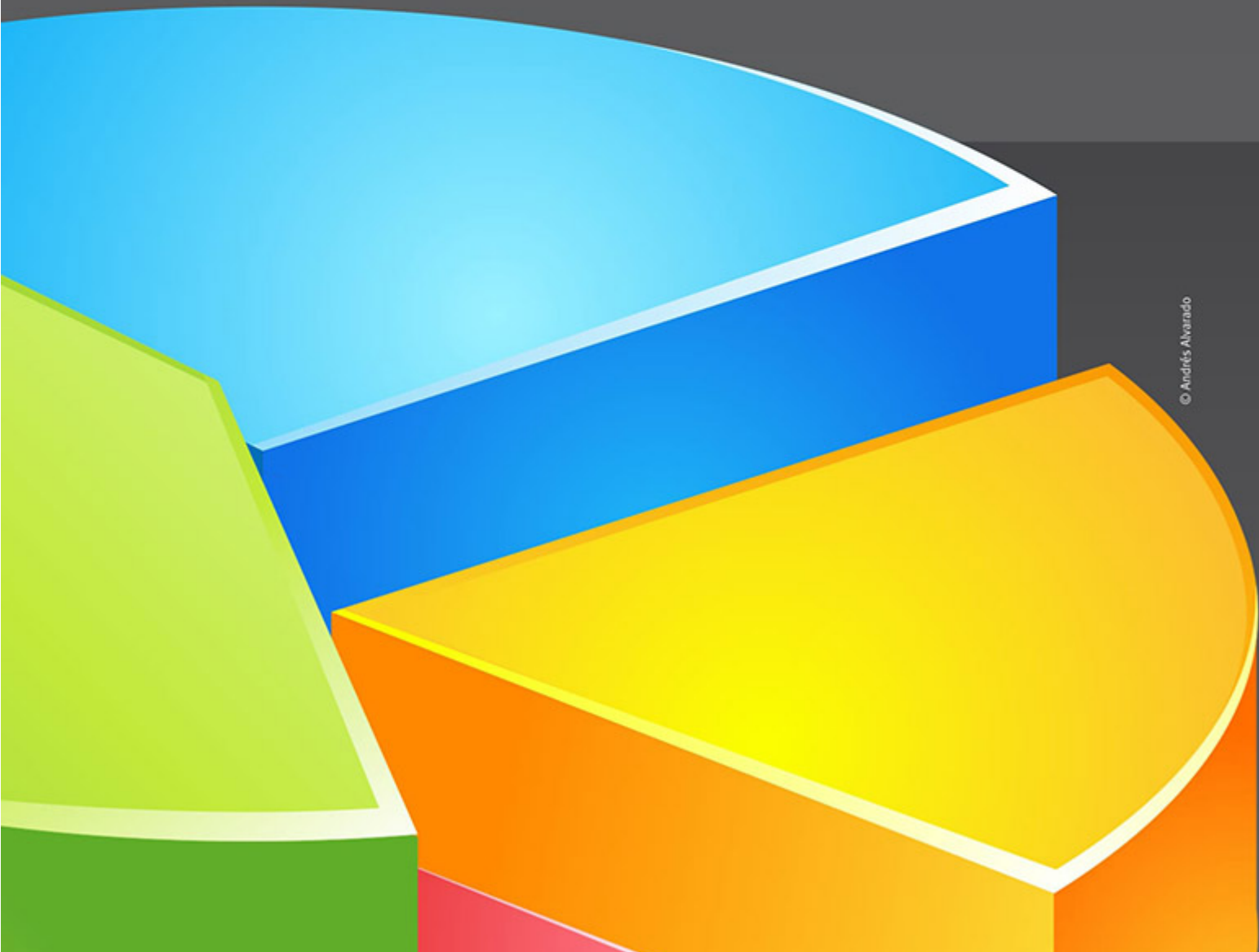
Dirección de Investigación,  
Desarrollo e Innovación

Teléfonos: (57-5) 3509420 - 3509422

[dip@uninorte.edu.co](mailto:dip@uninorte.edu.co)

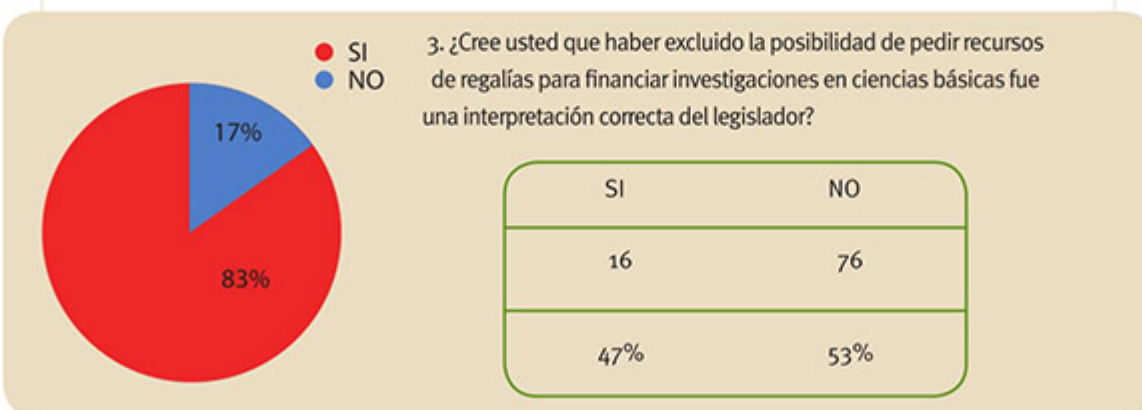
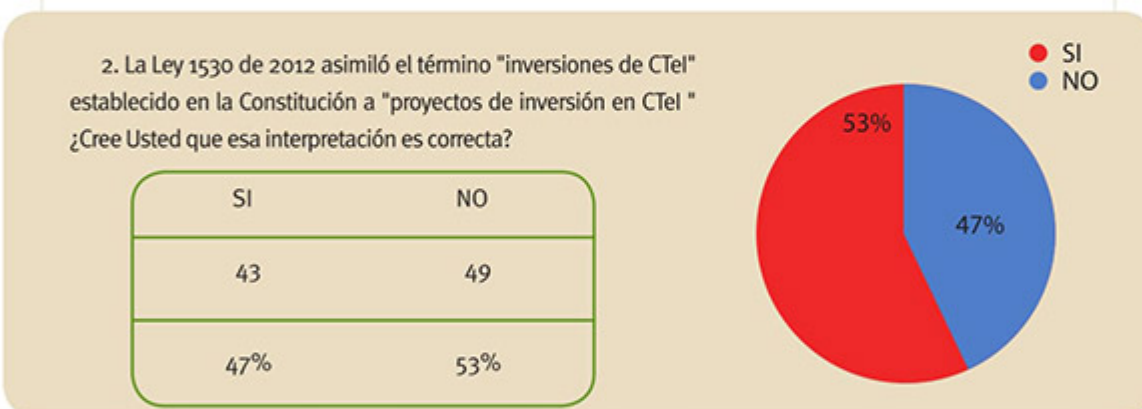
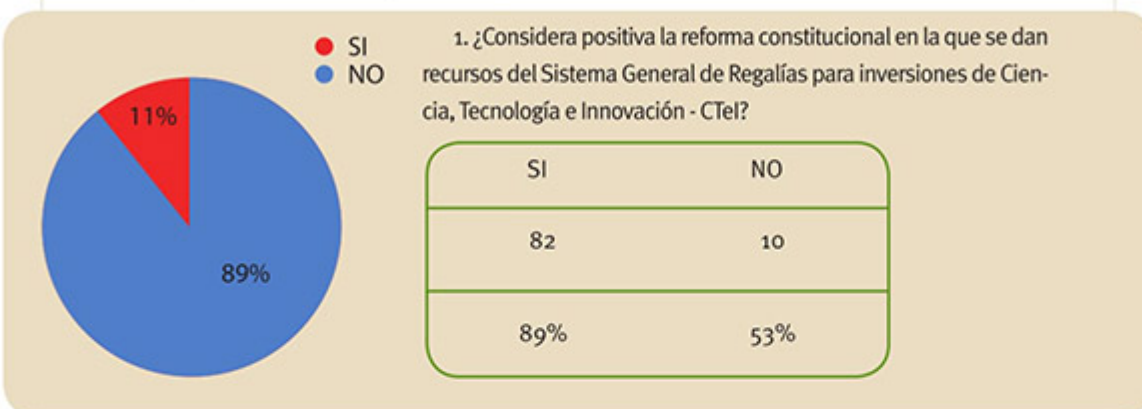
Barranquilla, Colombia

# Edgar Romero Vásquez Almirante retirado de la Armada de Colombia



Por medio de la presente se da un informe de la encuesta realizada en el mes de Diciembre de 2013 a través del link publicado con relación a los proyectos de CTel financiados con recursos de regalías. A partir de dicha encuesta se obtiene la siguiente información.

• Número de personas encuesta: 92



4. ¿Considera usted que para el progreso de la CTel en Colombia debe financiarse exclusivamente investigaciones aplicadas?

SI	NO
7	85
8%	92%



5. ¿Siente usted que la divulgación que las autoridades han hecho para permitir que investigadores presenten proyectos al Fondo de CTel ha sido suficientemente clara?



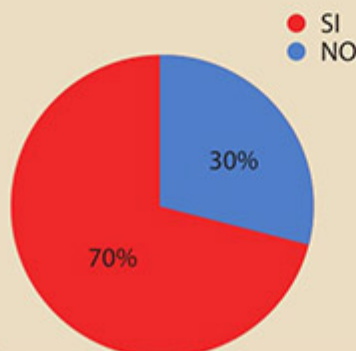
SI	NO
10	82
11%	89%

6. ¿Tiene usted claro el proceso que debe seguir un grupo de investigación para financiar sus proyectos a través del Fondo de CTel?

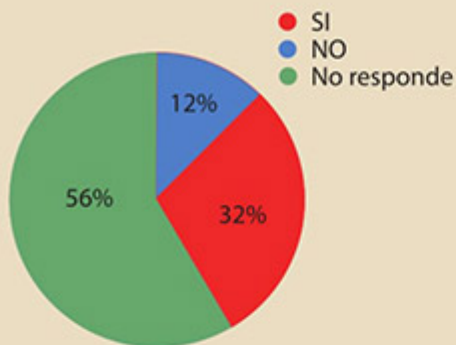
SI	NO
25	67
27%	73%



7. ¿Ha presentado alguna vez un proyecto al Fondo de CTel del Sistema General de Regalías?



SI	NO
28	64
30%	70%



8. En caso positiva su respuesta a la anterior pregunta, ¿le han asignado recursos?

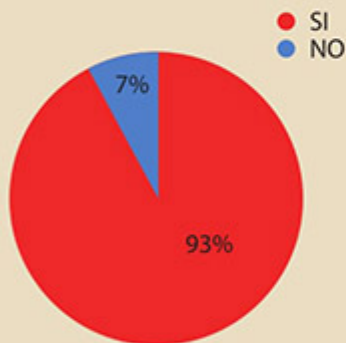
SI	NO	No Responde
11	29	60
12%	32%	56%

9. En caso positiva su respuesta a la pregunta número 7, ¿a la fecha ha iniciado la ejecución de dichos recursos?

SI	NO	No Responde
4	31	65
4%	34%	62%



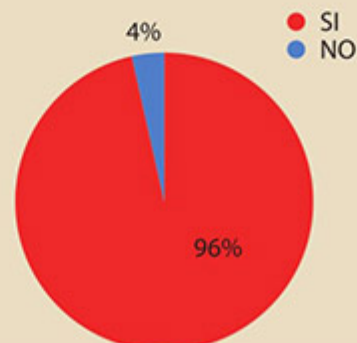
10. ¿Cree usted que es necesario que la comunidad científica lidere un proceso para re enfocar la asignación de recursos para inversiones de CTel?



SI	NO
86	6
93%	7%

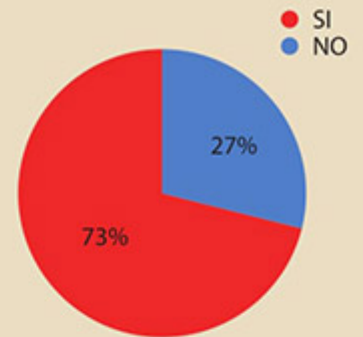
11. ¿Considera adecuado que los científicos colombianos apoyen los procesos de desarrollo regionales?

SI	NO
88	4
96%	4%

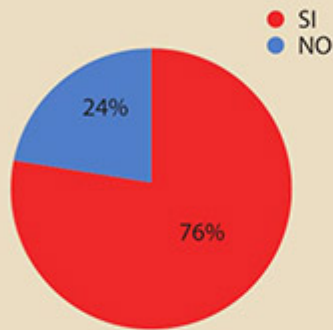


12. ¿Considera usted que debe ser el OCAD el que tome la decisión de financiar los proyectos de CTel con los recursos de regalías?

SI	NO
25	67
27%	73%



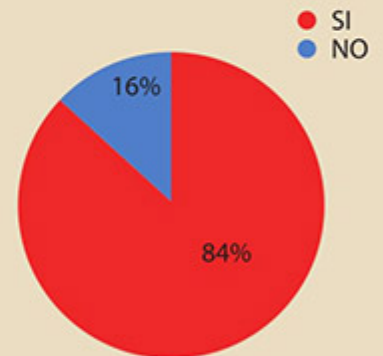
13. ¿Cree usted que debería ser Colciencias el ente público encargado de tomar la decisión de aprobar los proyectos financiados con recursos de regalías?



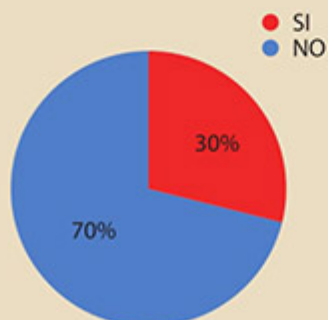
SI	NO
25	67
27%	73%

14. ¿Cree usted que Colciencias es la indicada para evaluar proyectos de CTel?

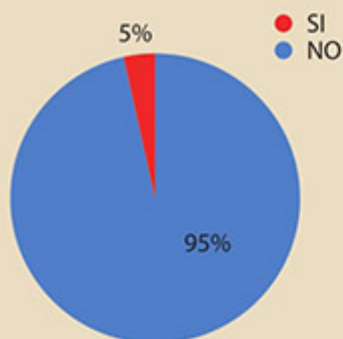
SI	NO
77	15
84%	16%



15. ¿Cree usted que Colciencias tiene la legitimidad en el sector para promover una reforma de las regalías de CTel?



SI	NO
64	28
70%	30%



16. Como investigador, ¿se siente cómodo al presentarle proyectos de investigación a políticos regionales?

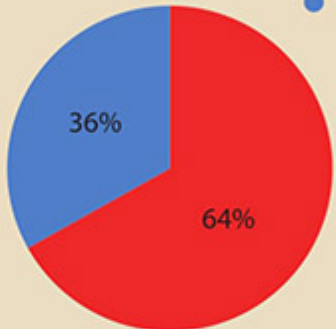
● SI  
● NO

SI	NO
5	87
5%	95%

17. ¿Cree que el manejo de las regalías de CTel van a impactar positivamente el desarrollo del sector en Colombia?

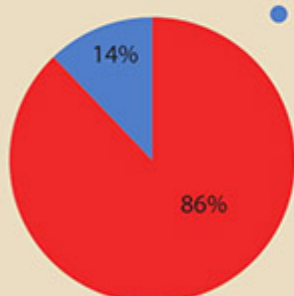
● SI  
● NO

SI	NO
59	33
64%	36%



18. ¿Cree que con unos ajustes, las regalías para inversiones en CTel pueden beneficiar al sector?

● SI  
● NO

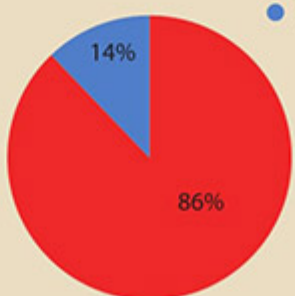


SI	NO
79	13
86%	14%

19. ¿Estaría interesado/a en suscribir un documento para presentarle al Congreso de la República, con una propuesta para reformar la Ley 1530 de 2012 en lo referente al 10% de las regalías destinadas a inversiones de CTel?

● SI  
● NO

SI	NO
79	13
86%	14%



# Una mirada actual a la resistencia de *Plasmodium Falciparum* a los antimaláricos en Colombia y en el mundo

**SAMANDA LIZBETH APONTE BRICEÑO**

BACTERIÓLOGA, MAGISTER EN CIENCIAS BÁSICAS BIOMÉDICAS, INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. INVESTIGADORA PRINCIPAL PROYECTO CONTRATO 318-2010

samaaponte@yahoo.es

**CÉSAR AUGUSTO RESTREPO**

PROFESIONAL EN MEDICINA, EN SERVICIO SOCIAL OBLIGATORIO, INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. MÉDICO DE CAMPO PROYECTO CONTRATO 318-2010

newton\_19@hotmail.com

## Resumen

La resistencia a los antimaláricos es un gran inconveniente para el control de la malaria en el mundo. Este documento muestra un panorama de la diseminación de la resistencia de *Plasmodium falciparum* a los antimaláricos más empleados para el tratamiento de la enfermedad, y a su vez, presenta la situación actual del comportamiento de este parásito frente a las terapias combinadas con derivados de artemisininas (ACTs) en Colombia y en el mundo.

## Malaria y tratamiento antimalárico en Colombia

La malaria es una enfermedad producida por parásitos del género *Plasmodium* (P) y transmitida por la picadura de mosquitos hembra del género *Anopheles* (A). Cinco especies de *Plasmodium* infectan al humano: *vivax*, *falciparum*, *malariae*, *ovale* y *knowlesi*, esta última originaria del continente asiático (Cox-Singh y Singh, 2008). Las dos especies de *Plasmodium* que predominan planetariamente son el *vivax* y el *falciparum*, y quien produce el mayor número de complicaciones y muertes por malaria es el segundo, en especial, en niños menores de 5 años del continente africano (Cox-Singh y Singh, 2008; Sabbatani, Manfredi y Fiorino, 2010).

En el contexto mundial, alrededor de 250 millones de casos y 500.000 muertes por malaria se reportan al año (WHO, 2012b). En Colombia, para 2012 se notificaron 60.282 casos, de los cuales el 73.6% fueron causados por *P. vivax*, el 24.7% por *P. falciparum* y el 2,5% restante por infecciones mixtas o por *P. malariae* (INS, 2012). En este mismo año se informaron 312 eventos de malaria complicada y 20 casos con desenlace fatal (INS, 2012).

El tratamiento adecuado y oportuno de la enfermedad evita el empeoramiento del cuadro clínico, pues detiene la evolución a malaria severa y disminuye la aparición de gametocitos en sangre; de este modo controla la transmisión de la enfermedad (WHO, 2012a). La mayoría de fármacos antimaláricos empleados para su tratamiento actúan durante el ciclo de desarrollo del parásito en los eritrocitos. Pero, la primaquina (PQ), en cambio, actúa

en algunas especies), razón por la cual, se utiliza para combatir estas formas parasitarias en las terapias contra *Plasmodium vivax* y *ovale* (White, 2011). Adicionalmente, la PQ impacta también a nivel de la transmisión de malaria, ya que junto con los derivados de las artemisininas elimina los estadios sexuales del parásito (gametocitos), lo cual evita que el mosquito los tome del torrente sanguíneo del hospedero (White, 2013).

La guía para el manejo de la malaria en Colombia especifica que el tratamiento debe administrarse únicamente después de la confirmación parasitológica de la especie, ya sea por gota gruesa o por pruebas de diagnóstico rápido y, una vez confirmada la especie infectante, debe seguirse el esquema de tratamiento determinado en la guía para cada especie (MPS/OPS, 2010). Para el caso de *P. vivax* el esquema terapéutico comprende 25mg/kg peso de cloroquina (CQ) dividido en tres dosis (1 dosis diaria), acompañado de PQ 0,25mg/kg/día durante 14 días (MPS/OPS, 2010). Para *P. falciparum*, se utilizan tabletas de coartem® que contienen 20mg/120mg de artemeter y lumefantrina, respectivamente, y se administran en 6 dosis de 1,7mg/kg peso de artemeter y 12mg/kg peso de lumefantrina, cada 12 horas durante tres días. Cuando el diagnóstico muestra una infección mixta por *falciparum* y *vivax*, se administra coartem® con PQ en las mismas dosis descritas con anterioridad para las infecciones por *falciparum* y *vivax*; y cuando la infección es por *malariae* se utiliza CQ, siguiendo la misma dosificación para *vivax* pero sin administrar PQ (MPS/OPS, 2010).

## Malaria y tratamiento antimalárico en Colombia

La resistencia de los parásitos a los antimaláricos se define como “la capacidad de los parásitos para sobrevivir y/o multiplicarse a pesar de la administración y absorción de un medicamento dado en dosis iguales o más altas que aquellas usualmente recomendadas y toleradas por el paciente” (Bloland, 2001). El desarrollo de esta resistencia ha sido uno de los más grandes desafíos para el control de la malaria, puesto que ha facilitado la diseminación de la enfermedad a nuevas áreas y la reemergencia en áreas donde la malaria había sido erradicada (Bloland, 2001). Sin embargo, históricamente, ninguna especie de *Plasmodium* ha desarrollado resistencia tan rápidamente a múltiples antimaláricos como el *falciparum*, lo cual ha comprometido la utilización mundial de fármacos como la CQ y la combinación sulfadoxina-pirimetamina (SP), dos terapias que fueron implementadas a nivel mundial por su alta efectividad y bajo costo (Kasturi, et al., 2012).

A finales de los años cincuenta fueron reportados los primeros casos de resistencia a CQ en dos áreas independientes: uno, en la frontera entre Tailandia y Camboya (1957), y el otro, en Colombia (1959) (citado por Mita y Tanabe, 2012). A principio de la década de 1960, en Tailandia, producto del hallazgo y la dispersión de la resistencia, se cambió la CQ por SP y casi de inmediato, después de su introducción como terapia antimalárica contra el *Plasmodium falciparum* en este país, fue reportada también la resistencia a SP. Las cepas resistentes tanto a CQ como a SP, originadas en Camboya-Tailandia, se diseminaron con rapidez en los países vecinos del gran Mekong; en la India se reportó la resistencia a CQ para finales de 1970 (Mita y Tanabe, 2012), y en África fue hallada en 1974, mientras que la resistencia a SP fue reportada en el oriente de África a finales de los ochenta. A partir de ese momento y debido a la alta transmisión de malaria en el continente africano, la resistencia tanto a CQ como a SP rápidamente se diseminó hacia el Centro y el Occidente de África (Klein, 2013; Mita y Tanabe, 2012).

Por su parte, el alcance de la cepa resistente a CQ hallada en Colombia se limitó a América del Sur donde, ya para principios de los años ochenta, la resistencia a este fármaco se hallaba prácticamente en la totalidad de los países suramericanos con importante tendencia endémica para malaria (Bustamante, Batista y Zalis, 2009). Hasta hoy, únicamente los países de Centroamérica no han reportado resistencia a CQ.

Otro punto de origen de la resistencia a SP se encontró en Melanesia, desde donde se diseminó hacia Papua Nueva Guinea (Mita, Tanabe y Kita, 2009). En América del Sur la resistencia a Pirimetamina se reportó por primera vez en Venezuela, poco después de la introducción de este fármaco como terapia profiláctica para malaria en 1950. Sin embargo, sólo hasta la década de 1970 se desarrolló la combinación SP como terapia para malaria por *P. falciparum* en América del Sur y casi inmediatamente fue reportada la resistencia a esta combinación (Venezuela 1977 y Colombia 1981) (Espinal, Cortés, Guerra y Árias, 1985; Godoy, et al., 1977) y la diseminación a los demás países endémicos del sur del continente (Mita, et al., 2009).

Otro fármaco empleado como terapia antimalárica es la mefloquina (MQ), la cual, a diferencia de CQ o SP, no ha sido utilizada masivamente. Este antimalárico, desarrollado como terapia alternativa para cepas multiresistentes, fue utilizado inicialmente por tropas de la Armada de EE.UU., en el Sudeste Asiático y en América del Sur. Al igual que la CQ y la SP, los primeros casos de resistencia se presentaron en Tailandia y cinco años después de la implementación de ésta como terapia contra *P. falciparum* en ese país resultó ser inefectiva (Bustamante, et al., 2009). En la actualidad, la resistencia a MQ se encuentra exclusivamente en el gran Mekong y en algunos países de América del Sur donde este antimalárico ha sido empleado.

El historial de multiresistencia del *falciparum* a los antimaláricos desencadenó la búsqueda de alternativas para el tratamiento de la malaria, lo cual produjo el hallazgo de la artemisinina, en 1971, durante la guerra de Vietnam (Bustamante, et al., 2009). Este antimalárico obtenido de la planta *Artemisia annua*, al igual que sus derivados sintéticos (artesanato, artemeter, arteeter, etc), se caracteriza por eliminar rápidamente los parásitos de malaria en sangre y tener efecto sobre los gametocitos (Stover, King y Robinson, 2012). Los derivados sintéticos de la artemisinina tienen mayor solubilidad que el compuesto original, característica que incrementa la absorción del fármaco y su biodisponibilidad en el organismo (Gautam, et al., 2009). Sin embargo, debido a que el tiempo de eliminación de estos fármacos es inmediato (~1-2h), la OMS recomienda la utilización de la artemisinina y sus derivados en combinación con fármacos que tengan un tiempo de eliminación prolongada (ACT “artemisinin combined therapies”) (WHO, 2012b).

Cinco ACTs han sido recomendadas por OMS para el tratamiento de malaria por *falciparum*: artemeter-lumefantrina (ART-LUM), artesunato-amodiaquina (AS-AQ), artesunato-mefloquina (AS-MQ), artesunato-sulfadoxina/pirimetamina (AS-SP) y dihidroartemisinina-piperquina (DHA-PPQ) (WHO, 2012b) Estas terapias tienen una eficacia cercana al 100% en la mayoría de países endémicos; sin embargo, recientemente han sido reportados los pri-

meros casos de resistencia en el gran Mekong, en especial, al AS-MQ y a la recién implementada DHA-PPQ (Ringwald, 2012). En el oeste de Camboya, por ejemplo, para el año 2008, debido a la alta falla terapéutica al AS, se cambió la terapia de AS-MQ a DHA-PPQ; A partir de este año y hasta 2010, el porcentaje de pacientes que permanecieron con parásitos en sangre en el día tres después de iniciado el tratamiento aumentó del 25% al 45% (Ringwald, 2012) y el número de fallas terapéuticas a DHA-PPQ incrementó de 8,1% a 27,6%. Así mismo en Tailandia, específicamente en la frontera con Camboya, la media del tiempo de aclaramiento parasitario (tiempo en el cual no se encuentran parásitos en gota gruesa) aumentó de 2 a 3,7 días de 2003 a 2007 y en Vietnam el porcentaje de parásitos positivos al día tres fue de 15% y 18%, durante 2009 y 2010 respectivamente. Estos hallazgos pronostican el compromiso de la eficacia de las ACT en el gran Mekong

y son una alarma ya que se teme una posible diseminación mundial de la resistencia a las ACTs por los antecedentes presentados con la resistencia a otros antimaláricos.

En 2010, la OMS y el programa "Roll Back malaria" diseñaron un plan global para contener la resistencia a las ACT (GPARC) cuyo objetivo principal es proteger estas terapias, pues son la última alternativa terapéutica disponible con alta eficacia contra *P. falciparum*. Dentro de las directrices del plan, la OMS recomienda hacer una vigilancia continua de la respuesta a las ACTs empleando estudios de eficacia terapéutica y ensayos de susceptibilidad in vitro, así como continuar con la investigación de marcadores moleculares de resistencia a ACTs y de nuevas alternativas terapéuticas. Además, en este plan se define que un caso clínico con falla terapéutica a ACTs es resistente si cumple con cuatro criterios: persistencia de parásitos a los 7 días de iniciado el tratamiento o reemergencia a los 28 días, concentración plasmática adecuada de DHA, tiempo de aclaramiento parasitario prolongado (mayor o igual a tres días) y reducida susceptibilidad in vitro, criterios que hasta el momento se han encontrado únicamente en la frontera de Tailandia y Camboya (WHO, 2011).



*Plasmodium malariae*  
vista desde un microscopio

## Malaria y tratamiento antimalárico en Colombia

La resistencia de los parásitos a los antimaláricos se define como "la capacidad de los parásitos para sobrevivir y/o multiplicarse a pesar de

la administración y absorción de un medicamento dado en dosis iguales o más altas que aquellas usualmente recomendadas y toleradas por el paciente" (Bloland, 2001). El desarrollo de esta resistencia ha sido uno de los más grandes desafíos para el control de la malaria, puesto que ha facilitado la diseminación de la enfermedad a nuevas áreas y la reemergencia en áreas donde la malaria había sido erradicada (Bloland, 2001). Sin embargo, históricamente, ninguna especie de *Plasmodium* ha desarrollado resistencia tan rápidamente a múltiples antimaláricos como el *falciparum*, lo cual ha comprometido la utilización mundial de fármacos como la CQ y la combinación sulfadoxina-pirimetamina (SP), dos terapias que fueron implementadas a nivel mundial por su alta efectividad y bajo costo (Kasturi, et al., 2012).

A finales de los años cincuenta fueron reportados los primeros casos de resistencia a CQ en dos áreas independientes: uno, en la frontera entre Tailandia y Camboya (1957), y el otro, en Colombia (1959) (citado por Mita y Tanabe, 2012). A principio de la década de 1960, en Tailandia, producto del hallazgo y la dispersión de la resistencia, se cambió la CQ por SP y casi de inmediato, después de su introducción como terapia antimalárica contra el *Plasmodium falciparum* en este país, fue reportada también la resistencia a SP. Las cepas resistentes tanto a CQ como a SP, originadas en Camboya-Tailandia, se diseminaron con rapidez en los países vecinos del gran Mekong; en la India se reportó la resistencia a CQ para finales de 1970 (Mita y Tanabe, 2012), y en África fue hallada en 1974, mientras que la resistencia a SP fue reportada en el oriente de África a finales de los ochenta. A partir de ese momento y debido a la alta transmisión de malaria en el continente africano, la resistencia tanto a CQ como a SP rápidamente se diseminó hacia el Centro y el Occidente de África (Klein, 2013; Mita y Tanabe, 2012).

Por su parte, el alcance de la cepa resistente a CQ hallada en Colombia se limitó a América del Sur donde, ya para principios de los años ochenta, la resistencia a este fármaco se hallaba prácticamente en la totalidad de los países suramericanos con importante tendencia endémica para malaria (Bustamante, Batista y Zalis, 2009). Hasta hoy, únicamente los países de Centroamérica no han reportado resistencia a CQ.

Otro punto de origen de la resistencia a SP se encontró en Melanesia, desde donde se diseminó hacia Papua Nueva Guinea (Mita, Tanabe y Kita, 2009). En América del Sur la resistencia a Pirimetamina se reportó por primera vez en Venezuela, poco después de la introducción de este fármaco como terapia profiláctica para malaria en 1950. Sin embargo, sólo hasta la década de 1970 se desarrolló la combinación SP como terapia para malaria por *P. falciparum* en América del Sur y casi inmediatamente fue reportada la resistencia a esta combinación (Venezuela 1977 y Colombia 1981) (Espinal, Cortés, Guerra y Arias, 1985; Godoy,

et al., 1977) y la diseminación a los demás países endémicos del sur del continente (Mita, et al., 2009).

Otro fármaco empleado como terapia antimalárica es la mefloquina (MQ), la cual, a diferencia de CQ o SP, no ha sido utilizada masivamente. Este antimalárico, desarrollado como terapia alternativa para cepas multiresistentes, fue utilizado inicialmente por tropas de la Armada de EE.UU., en el Sudeste Asiático y en América del Sur. Al igual que la CQ y la SP, los primeros casos de resistencia se presentaron en Tailandia y cinco años después de la implementación de ésta como terapia contra *P. falciparum* en ese país resultó ser inefectiva (Bustamante, et al., 2009). En la actualidad, la resistencia a MQ se encuentra exclusivamente en el gran Mekong y en algunos países de América del Sur donde este antimalárico ha sido empleado.

El historial de multiresistencia del *falciparum* a los antimaláricos desencadenó la búsqueda de alternativas para el tratamiento de la malaria, lo cual produjo el hallazgo de la artemisinina, en 1971, durante la guerra de Vietnam (Bustamante, et al., 2009). Este antimalárico obtenido de la planta *Artemisia annua*, al igual que sus derivados sintéticos (artesanato, artemeter, arteeter, etc), se caracteriza por eliminar rápidamente los parásitos de malaria en sangre y tener efecto sobre los gametocitos (Stover, King y Robinson, 2012). Los derivados sintéticos de la artemisinina tienen mayor solubilidad que el compuesto original, característica que incrementa la absorción del fármaco y su biodisponibilidad en el organismo (Gautam, et al., 2009). Sin embargo, debido a que el tiempo de eliminación de estos fármacos es inmediato (~1-2h), la OMS recomienda la utilización de la artemisinina y sus derivados en combinación con fármacos que tengan un tiempo de eliminación prolongada (ACT "artemisinin combined therapies") (WHO, 2012b).

Cinco ACTs han sido recomendadas por OMS para el tratamiento de malaria por *falciparum*: artemeter-lumefantrina (ART-LUM), artesunato-amodiaquina (AS-AQ), artesunato-mefloquina (AS-MQ), artesunato-sulfadoxina/pirimetamina (AS-SP) y dihidroartemisinina-piperquina (DHA-PPQ) (WHO, 2012b) Estas terapias tienen una eficacia cercana al 100% en la mayoría de países endémicos; sin embargo, recientemente han sido reportados los primeros casos de resistencia en el gran Mekong, en especial, al AS-MQ y a la recién implementada DHA-PPQ (Ringwald, 2012). En el oeste de Camboya, por ejemplo, para el año 2008, debido a la alta falla terapéutica al AS, se cambió la terapia de AS-MQ a DHA-PPQ; A partir de este año y hasta 2010, el porcentaje de pacientes que permanecieron con parásitos en sangre en el día tres después de iniciado el tratamiento aumentó del 25% al 45% (Ringwald, 2012) y el número de fallas terapéuticas a DHA-PPQ incrementó de 8,1% a 27,6%. Así mismo en Tailandia, específicamente en la frontera con Camboya, la media del tiempo de aclaramiento parasitario (tiempo en el cual no se encuentran parásitos en gota gruesa) aumentó de 2 a 3,7 días de 2003 a 2007 y en Vietnam el porcentaje de parásitos positivos al día tres fue de 15% y 18%, durante 2009 y 2010 respectivamente. Estos hallazgos pronostican el compromiso de la eficacia de las ACT en el gran Mekong y son una alarma ya que se teme una posible diseminación mundial de la resistencia a las ACTs por los antecedentes presentados con la resistencia a otros antimaláricos.

En 2010, la OMS y el programa "Roll Back malaria" diseñaron un plan global para contener la resistencia a las ACT (GPARC) cuyo objetivo principal es proteger estas terapias, pues son la última alternativa terapéutica disponible con alta eficacia contra *P. falciparum*. Dentro de las directrices del plan, la OMS recomienda hacer una vigilancia continua de la respuesta a las ACTs empleando estudios de eficacia terapéutica y ensayos de susceptibilidad in vitro, así como continuar con la investigación de marcadores moleculares de resistencia a ACTs y de nuevas alternativas terapéuticas. Además, en este plan se define que un caso clínico con falla terapéutica a ACTs es resistente si cumple con cuatro criterios: persistencia de parásitos a los 7 días de iniciado el tratamiento o reemergencia a los 28 días, concentración plasmática adecuada de DHA, tiempo de aclaramiento parasitario prolongado (mayor o igual a tres días) y reducida susceptibilidad in vitro, criterios que hasta el momento se han encontrado únicamente en la frontera de Tailandia y Camboya (WHO, 2011).

## Referencias

- Aponte, S. L., Díaz, G., Pava, Z., Echeverry, D. F., Ibaguen, D., Ríos, M. y Osorio, L. (2011), "Sentinel network for monitoring in vitro susceptibility of *Plasmodium falciparum* to antimalarial drugs in Colombia: a proof of concept", (Memoria do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, vol. 106, suppl. 1, pp. 123-129. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762011000900016>, y en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0074-02762011000900016](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0074-02762011000900016)
- Arango, E., Carmona-Fonseca, J. y Blair, S. (2008, junio), "In vitro susceptibility of Colombian *Plasmodium falciparum* isolates to different antimalarial drugs", en *Biomedica*, vol. 28, núm. 2, pp. 213-223.
- Blair-Trujillo, S., Lachame-Lora, L. y Carmona-Fonseca, J. (2002, abril), "Resistance of *Plasmodium falciparum* to antimalarial drugs in Zaragoza, (Antioquia, Colombia), 1998". *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, vol. 97, núm. 3, pp. 401-406. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12048572>
- Blair, S., Carmona-Fonseca, J., Piñeros, J. G., Ríos, A., Álvarez, T., Álvarez, G. y Tobón, A. (2006, 20 of february), "Therapeutic efficacy test in malaria *falciparum* in Antioquia, Colombia", en *Malar, J*, vol. 5, núm. 14. doi: 10.1186/1475-2875-5-14. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1388225/>
- Blair, S., Lachame, L. L., Carmona-Fonseca, J. C. y Tobón, A. (2001), "Resistance of *Plasmodium falciparum* to 3 antimalarials in Turbo (Antioquia, Colombia), 1998". en *Revista Panamericana de Salud Pública*, vol. 9, núm. 1, pp. 23-29. Disponible en: [http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1020-49892001000100006](http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892001000100006)
- Boland, P. B. (2001), "Drug resistance in malaria", en World Health Organization, Department of Communicable Disease Surveillance and Response (Malaria Epidemiology Branch, Centers for Disease Control and Prevention Chamblee, GA, United States of America, Switzerland, Disponible en: <http://www.who.int/csr/resources/publications/drugresist/malaria.pdf>
- Bustamante, C., Batista, C. N. y Zalis, M. (2009), "Molecular and biological aspects of antimalarial resistance in *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax*", en *Current Drug*

- Carmona-Fonseca, J. (2007), "Nuevos tratamientos para el paludismo en Colombia, 2006", en *Acta Médica Colombiana*, vol. 32, núm. 3, pp. 157-163.
- Castillo, C. M., Osorio, L. E. y Palma, G. I. (2002, junio), "Assessment of therapeutic response of *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* to chloroquine in a Malaria transmission free area in Colombia", en *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, vol. 97, núm. 4, pp. 559-562.
- Cox-Singh, J. y Singh, B. (2008, september), "Knowlesi malaria: newly emergent and of public health importance?", en Europe PMC Funders Group, Autho Manuscript, *Trends Parasitol*, vol. 24, núm. 9, pp. 406-410. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2843823/>
- De-La-Hoz-Restrepo, F.; Rico-Mendoza, A.; Porras-Ramírez, A.; Córdoba, F. y Rojas, D. (2010), Evaluación de la eficacia terapéutica contra la malaria no complicada de dos combinaciones con artemisinina: Colombia 2008-2009. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina.
- Espinal, C. A., Cortés, G. T., Guerra, P. y Árias, A. E. (1985), "Sensitivity of *Plasmodium falciparum* to antimalarial drugs in Colombia", en *Am J Trop Med Hyg*, vol. 34, núm. 4, pp. 675-680.
- Gautam, A., Ahmed, T., Bata, V. y Paliwal, J. (2009), "Pharmacokinetics and pharmacodynamics of endoperoxide antimalarials", en *Currents Drug Metab*, vol. 10, núm. 3, pp. 289-306.
- Godoy, G. A., Volcán, G. S., Guevara, R., Medrano, C., Castro, J. y Teixeira, A. (1977), "Venezuelan strains of *Plasmodium falciparum* resistant to sulfa and pyrimethamine as demonstrated by in vitro test", en *Revista Latinoamericana de Microbiología*, vol. 19, núm. 4, pp. 229-231.
- González, I. J., Padilla, J. O., Giraldo, L. E. y Saravia, N. G. (2003), "Efficacy of amodiaquine and sulfadoxine/pyrimethamine in the treatment of malaria not complicated by *Plasmodium falciparum* in Narino, Colombia, 1999-2002", en *Biomedica*, vol. 23, núm. 1, pp. 38-46.
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2012), "Sistema de Vigilancia en Salud Pública -Sivigila- (Vigilancia Rutinaria). (Semana 52).
- Kasturi, K., Mallika, D. S., Amos, S. J., Venkateshaiah, P. y Rao, K. S. (2012), "Current opinion on an emergence of drug resistant strains of *Plasmodium falciparum* through genetic alterations", en *Bioinformatics*, vol. 8, núm. 22, pp. 1114-1118. 10.6026/97320630081114
- Klein, E. Y. (2013), "Antimalarial drug resistance: a review of the biology and strategies to delay emergence and spread". *International Journal of Antimicrobial Agents*, vol. 41, núm. 4, pp. 311-317. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2012.12.007. Disponible en: <http://eikklein.com/pubs/Klein.2013.AntimalarialDrugResistance.pdf> - y en: <http://www.elsevier.com/locate/ijantimicag>
- López, Y. L., Arroyave, A., Salazar, A. (1999), "Evaluación de la resistencia in vivo a los medicamentos antimaláricos. El Bagre, Antioquia, 1998", en *Revista Epidémica Antioquia*, núm. 24, pp. 181-194.
- Mita, T. y Tanabe, K. (2012), "Evolution of *Plasmodium falciparum* drug resistance: implications for the development and containment of artemisinin resistance", in *Jpn J Infect Dis*, vol. 65, núm. 6, pp. 465-475.
- Mita, T., Tanabe, K. y Kita, K. (2009), "Spread and evolution of *Plasmodium falciparum* drug resistance", en *Parasitol Int*, vol. 58, núm. 3, pp. 201-209. doi: 10.1016/j.parint.2009.04.004
- MPS/OPS. (2010), Guía de Atención Clínica de Malaria 2010, (Documento Actualizado de Versión Convenio 256/09), Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social.
- Osorio, L. E., Giraldo, L. E., Grajales, L. F., Ariaga, A. L., Andrade, A. L., Ruebush, T. K. y Barat, L. M. (1999), "Assessment of therapeutic response of *Plasmodium falciparum* to, en *Am J Trop Med Hyg*, vol. 61, núm. 6, pp. 968-972.
- Osorio, L., González, L., Olliaro, P. y Taylor, W. R. (2007), "Artemisinin-based combination therapy for uncomplicated *Plasmodium falciparum* malaria in Colombia", en *Malar J*, vol. 6, núm. 25, doi: 10.1186/1475-2875-6-25
- Osorio, L., Pérez, L. P. y González, I. J. (2007), "Assessment of the efficacy of antimalarial drugs in Tarapaca, in the Colombian Amazon basin", en *Biomedica*, vol. 27, núm. 1, pp. 133-140, doi: /S0120-41572007000100012
- Ringwald, P. (2012, april), "Update on artemisinin resistance-April 2012. [A general description of artemisinin resistance in Gran Mekong situation", en WHO/ Global Malaria Program, Switzerland.
- Sabbatani, S., Manfredi, R. y Fiorino, S. (2010), "Malaria infection and human evolution", en *Infez Med*, vol. 18, núm. 1, pp. 56-74.
- Stover, K. R., King, S. T. y Robinson, J. (2012), "Artemether-lumefantrine: an option for malaria, en *Ann Pharmacother*, vol. 46, núm. 4, pp. 567-577, doi: 10.1345/aph.1Q539
- Vásquez, A. M., Sanin, F., Álvarez, L. G., Tobón, A., Ríos, A. y Blair, S. (2009), "Therapeutic efficacy of a regimen of artesunate-mefloquine-primaquine treatment for *Plasmodium falciparum* malaria and treatment effects on gametocytic development", en *Biomedica*, vol. 29, núm. 2, pp. 307-319.
- White, N. J. (2011), "Determinants of relapse periodicity in *Plasmodium vivax* malaria", en *Malar J*, 10, p. 297, doi: 10.1186/1475-2875-10-297
- White, N. J. (2013), "Primaquine to prevent transmission of falciparum malaria", en *Lancet Infect Dis*, vol. 13, núm. 2, pp. 175-181, doi: 10.1016/S1473-3099(12)70198-6
- World Health Organization (WHO). (2011), "Global plan for artemisinin resistance containment (GPARC)", pp. 93.
- WHO. (2012a), "La nueva iniciativa del Programa Mundial sobre la Malaria de la OMS – T3, en *Test. Treat. Track*.
- WHO. (2012b), "World malaria report 2012", en WHO (Ed.), pp. 195.

# Agromapas, una solución geográfica para el sector agropecuario colombiano

DIEGO FABIÁN PAJARITO GRAJALES

[diego.pajarito@minagricultura.gov.co](mailto:diego.pajarito@minagricultura.gov.co)

## Resumen

La resistencia a los antimaláricos es un gran inconveniente para el control de la malaria en el mundo. Este documento muestra un panorama de la diseminación de la resistencia de *Plasmodium falciparum* a los antimaláricos más empleados para el tratamiento de la enfermedad, y a su vez, presenta la situación actual del comportamiento de este parásito frente a las terapias combinadas con derivados de artemisininas (ACTs) en Colombia y en el mundo.

## Malaria y tratamiento antimalárico en Colombia

La malaria es una enfermedad producida por parásitos del género *Plasmodium* (P) y transmitida por la picadura de mosquitos hembra del género *Anopheles* (A). Cinco especies de *Plasmodium* infectan al humano: *vivax*, *falciparum*, *malariae*, *ovale* y *knowlesi*, esta última originaria del continente asiático (Cox-Singh y Singh, 2008). Las dos especies de *Plasmodium* que predominan planetariamente son el *vivax* y el *falciparum*, y quien produce el mayor número de complicaciones y muertes por malaria es el segundo, en especial, en niños menores de 5 años del continente africano (Cox-Singh y Singh, 2008; Sabbatani, Manfredi y Fiorino, 2010).

En el contexto mundial, alrededor de 250 millones de casos y 500.000 muertes por malaria se reportan al año (WHO, 2012b). En Colombia, para 2012 se notificaron 60.282 casos, de los cuales el 73.6% fueron causados por *P. vivax*, el 24.7% por *P. falciparum* y el 2,5% restante por infecciones mixtas o por *P. malariae* (INS, 2012). En este mismo año se informaron 312 eventos de malaria complicada y 20 casos con desenlace fatal (INS, 2012).

El tratamiento adecuado y oportuno de la enfermedad evita el empeoramiento del cuadro clínico, pues detiene la evolución a malaria severa y disminuye la aparición de gametocitos en sangre; de este modo controla la transmisión de la enfermedad (WHO, 2012a). La mayoría de fármacos antimaláricos empleados para su tratamiento actúan durante el ciclo de desarrollo del parásito en los eritrocitos. Pero, la primaquina (PQ), en cambio, actúa



sibilidad para un gran número de capas agrupadas por temáticas; en el segundo, se presentaron mapas básicos complementados con la representación de indicadores agropecuarios mediante coropletas, estos se definían previamente y eran cargados para el último de los años disponibles y no permitía consultas para años anteriores; y finalmente, en el tercero se introducía la leyenda y una descripción de cada capa activa según el usuario hiciera la selección.

El proceso de generación de indicadores geográficos inició con la compilación de múltiples fuentes de datos, entre otros, la Encuesta Nacional Agropecuaria, las Evaluaciones Agropecuarias, Registros Administrativos del MADR, etc., luego se hizo una selección de las mejores cifras para un grupo de productos, pues cada una de estas investigaciones reportaba valores diferentes y el equipo técnico de Agronet buscaba aquel valor que se ajustara más a la realidad. Este proceso precedía a la estructuración como capa geográfica que resultaba del enlace de dichas cifras con su representación geométrica mediante la codificación municipal y departamental del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE.

Esta propuesta permitió por primera vez el análisis de indicadores agropecuarios en su contexto geográfico de manera pública en la web, a partir de una fuente oficial y de forma permanente. No obstante el avance que esto significó, se encontraron limitaciones para la integración de los datos con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), por ello se tuvo que adoptar como unidad mínima de análisis el municipio. Pero, se presentaron severas observaciones al esquema de consulta, en particular, porque demandaba cierto nivel de conocimiento en procesos SIG, entre otros, como el de la superposición de múltiples capas, la personalización del mapa con vistas de relieve, satélite o de infraestructura, la búsqueda de capas en extensos listados o grupos, hasta el uso de herramientas de navegación por botones.

El grupo de trabajo de Agronet analizó, entre otros aspectos, los resultados y observaciones derivadas de la implementación de Agromapas, el perfil de los usuarios del portal, su nivel básico en informática e información geográfica, la alta demanda por mapas de área, producción y rendimiento de productos agrícolas, junto con su dinámica histórica y la mayor consistencia de las Evaluaciones Agropecuarias para surtir estos datos, concluyendo que, pese a los avances alcanzados, los resultados no eran los mejores.

## Simplicidad en la consulta de mapas

El resultado de la evaluación hecha a Agromapas mostró un panorama interesante de cara a la estructuración de herramientas y componentes que dieran soporte a un nuevo módulo geográfico. Este modelo tenía como requerimientos básicos la selección de múltiples indicadores, la representación en diversas escalas y niveles territoriales, y lo más importante, un enfoque multitemporal que permitiera identificar la dinámica del sector.

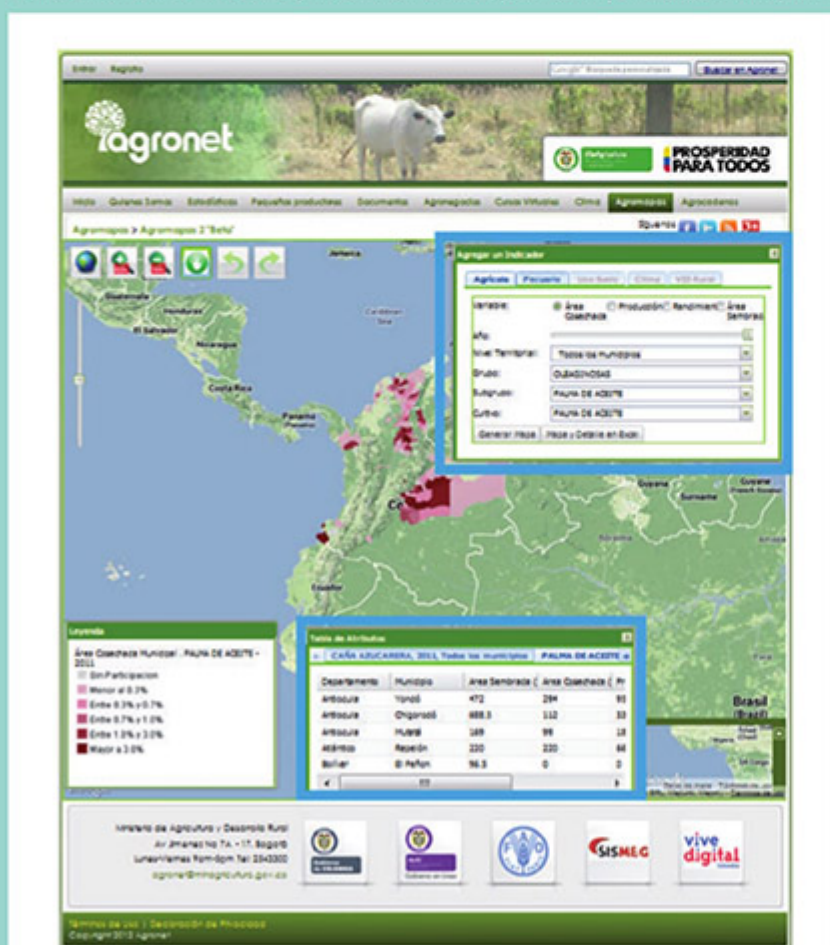


Figura 2. Vista general de la versión II de Agromapas. Fuente: [www.agronet.gov.co](http://www.agronet.gov.co)

Necesariamente el módulo debía mejorar la interacción de los usuarios definiendo un procedimiento simple de consulta, evaluado por el número de clics necesarios para generar un mapa, y el indicador más adecuado para su elección.

La propuesta que fundamentó la versión dos de Agromapas buscó simplificar al máximo la interfaz gráfica, por lo cual llevó a un segundo plano el control de visibilidad de indicadores delegando esta tarea a otros componentes. El esquema general de interacción se centra en un mapa sencillo con una única base tomada del API de google maps versión 3, que se complementa con un pequeño panel de selección de indicadores que orienta la navegación a partir del sector productivo, la variable a representar, el año de consulta, y permite seleccionar entre más de 100 productos a partir de los grupos a los que pertenece.

El usuario general que desee visualizar un mapa puede elegir entre el sector agrícola y el pecuario, luego selecciona la variable entre área, producción y rendimiento, según sea su necesidad e interés; posteriormente, elige el año a consultar que va desde 1987 hasta 2012 dependiendo del producto; luego, mediante sucesión de grupos y subgrupos logra identificar el producto de interés para generar su mapa; las múltiples combinaciones de estos cuatro parámetros abren una gran cantidad de posibilidades para la generación de mapas. Esta propuesta

amplía sustancialmente el número de indicadores geográficos disponible y a la vez hace más fácil su consulta y representación geográfica.

Este logro se alcanza con una arquitectura de componentes de software muy similar a la de la versión uno, tal como se evidencia en la Figura 3, lo cual demuestra que el reto fundamental está en la definición adecuada de requerimientos y del esquema de interacción que se desea, finalmente, en

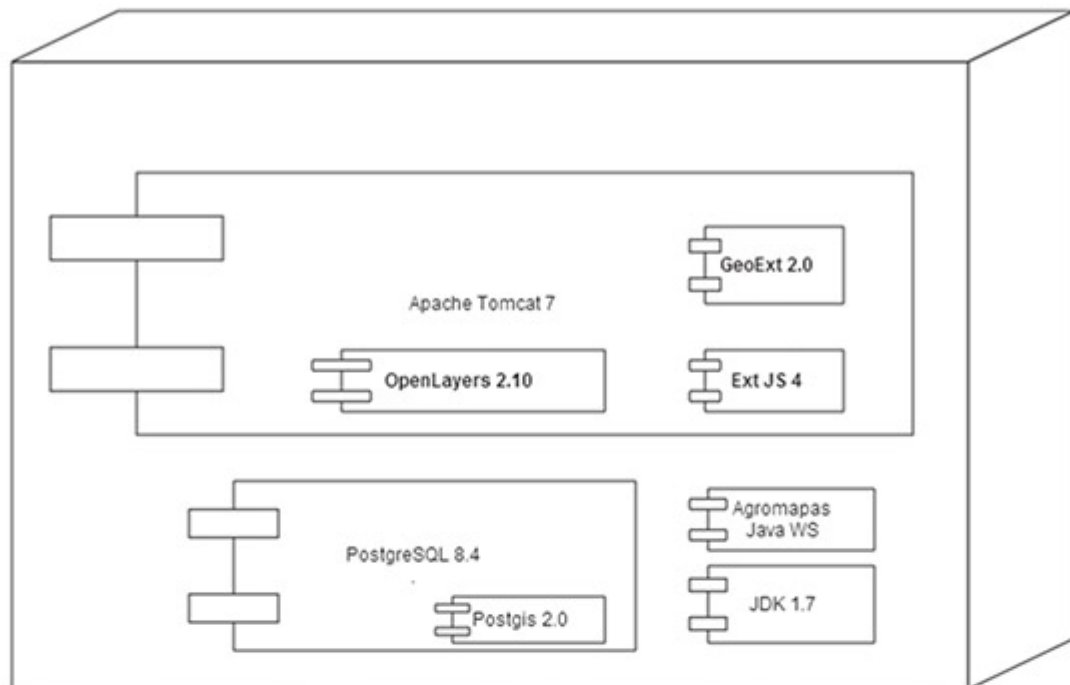


Figura 3. Componentes de software usados en Agromapas.  
Fuente: Elaboración propia

lograr que el equipo de desarrollo implemente efectivamente la interfaz gráfica con estos parámetros.

Agromapas en sus dos versiones puede ser entendido como un Mashup<sup>3</sup> hecho a partir de componentes de código abierto gratuitos que integran servicios web para la consulta y visualización de indicadores geográficos. A partir de este propósito se han logrado atender en promedio 600 visitas mensuales de usuarios, equivalentes aproximadamente al 2% de las visitas del portal, estos usuarios además han comunicado sobre errores o defectos en el desarrollo, informaciones que se convierten en el insumo de las actualizaciones constantes del sitio.

## La funcionalidad actual y los resultados

Agromapas dentro de Agronet es uno de los módulos del portal en el que se integran las bases de datos más consultadas y que se representan en un marco geográfico, esto le ha consolidado como un referente obligado de consultas para entidades externas que encuentran en esta aplicación geográfica la oportunidad de sintetizar las estadísticas del sector agropecuario. Para 2013 se hizo partícipe en la evaluación hecha por la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCDE)<sup>4</sup> mediante una misión que durante el primer semestre del año hizo uso del módulo parte del diagnóstico hecho para el país, es este el mayor referente a la fecha del uso de Agromapas, además de su aplicación en múltiples ámbitos políticos, sociales y académicos.

Adicionalmente, las publicaciones realizadas por el MADR también se han visto influenciadas por la existencia de Agromapas, puesto que los funcionarios de la entidad han asociado la representación geográfica de los indicadores con las múltiples herramientas de análisis y presentación de resultados. Para 2012, luego de completar el levantamiento y análisis de las Evaluaciones Agropecuarias, se generaron más de 150 mapas que acompañarán los perfiles municipales realizados a nivel de grupo de cultivos a incluirse en el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario 2012, estos mapas fueron generados con base en la estructura de datos y la plataforma implementada para Agromapas.



Figura 4. Distribución de las visitas al portal Agronet. Fuente: Grupo de trabajo Agronet

3. Mashup es un concepto usado en informática para denotar las composiciones de diferentes paquetes de software para generar un nuevo producto ajustado a las funcionalidades requeridas y que opere como un sistema unitario, normalmente hace referencia a componentes y aplicaciones Web (Mitchel, T., 2008).

4. Colombia ha manifestado su intención de hacer parte de la OCDE, en búsqueda de alcanzar y certificar las mejores prácticas de competitividad y gobierno (Presidencia de la República de Colombia, 2013). En este proceso recibió la visita de delegados que evaluaron múltiples aspectos del gobierno colombiano: Incluso, es de señalar, para presentar

El propósito de Agromapas ha trascendido a su intención inicial de representar geográficamente indicadores agropecuarios, actualmente se encuentran en fase de pruebas nuevas secciones para representar indicadores históricos de uso del suelo generados a partir del marco estadístico de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), el conjunto de variables agroclimáticas y el histórico de proyectos de vivienda de interés social rural. De manera complementaria se están realizando evaluaciones para integrar indicadores de cobertura de los programas del Ministerio tales como Celuagronet, programa de Oportunidades Rurales y el programa de Formalización de tierras, entre otras iniciativas.

## Conclusiones y perspectiva futura

Agromapas ha sido socializado dentro del programa de capacitaciones de Agronet en donde se presenta su configuración general y se orienta a los usuarios en la consulta de indicadores y la navegación general dentro del visor geográfico; igualmente se ha presentado en programas de televisión institucional como "Agricultura al Día" y el programa de radio "Cita con Colombia", en donde se ha buscado presentar masivamente la ubicación del módulo y sus funcionalidades generales, siendo estos los mayores esfuerzos por captar tráfico en el módulo. Sin embargo, el mayor crecimiento se ha evidenciado mediante motores de búsqueda y referencia al portal Agronet dados sus altos niveles de tráfico.

Los recursos y posibilidades informativos que brinda Agromapas son múltiples, entre otros, cabe destacar que complementa la oferta de funcionalidades de Agronet, permite compilar una serie de indicadores del sector y presentarlos en un contexto geográfico de forma fácil e intuitiva. El diseño se ha mejorado en los últimos tres años de forma permanente y lo seguirá haciendo mientras los requerimientos institucionales lo exijan, igualmente seguirá explorando posibilidades de integrarse y proporcionar soporte a otras dependencias del MADR.

Finalmente, es de resaltar que Agromapas, además de alojar indicadores agropecuarios, tiene la cobertura de algunos programas del MADR y las bases de objetos espaciales de otras investigaciones, con ello busca contar hacia el futuro con un esquema de interoperabilidad con los nodos de entidades adscritas al Ministerio y, por último, con las infraestructuras de datos espaciales de orden nacional y regional, convirtiéndose de este modo en el más central de los nodos para la gestión de información geográfica del sector agropecuario de Colombia.

## Referencias

- Mitchel, T. (2008), Web Mapping Illustrated: Using Opensource GIS toolkits. O'Reilly Media.
- Presidencia de la República de Colombia (s. f.), El ABC de Colombia en la OCDE. [online]. Disponible en: [http://wsp.presidencia.gov.co/Prensa/2013/Mayo/Paginas/20130530\\_01.aspx](http://wsp.presidencia.gov.co/Prensa/2013/Mayo/Paginas/20130530_01.aspx). [16 de septiembre de 2013].
- Agronet. [online]. Disponible en: [www.agronet.gov.co](http://www.agronet.gov.co)
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2012), Anuario Estadístico del Sector Agropecuario 2011, Dirección de Política Sectorial, Grupo de Sistemas de Información.
- Open Geospatial Consortium, (1995), Spatiotemporal Geometry and Topology, [online], Disponible en: <http://ormdev.opengeospatial.org/node/95>. [6 de septiembre de 2013].
- Obe, R. y Hsu, L. (2011), PostGIS in Action; Manning Publications Co, Greenwich, C.T., USA.



Figura 5. Presentación general del Anuario Estadístico 2012  
Fuente: MADR, Anuario Estadístico 2012. (Documento sin publicar).

# Celuagronet, una estrategia de información gratuita para el desarrollo rural colombiano

CAROLINA GARCÍA PULIDO

[carolina.garcía@minagricultura.gov.co](mailto:carolina.garcía@minagricultura.gov.co)

HUGO ANDRÉS LÓPEZ FISCO

[diego.pajarito@minagricultura.gov.co](mailto:diego.pajarito@minagricultura.gov.co)

## Resumen

Celuagronet es la segunda iniciativa Vive Digital del sector agropecuario liderada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). La estrategia brinda una oportunidad a los productores agropecuarios que adolecen de alfabetización digital y acceso a Internet para que accedan a información gratuita de su interés. Mediante mensajes cortos de texto, los usuarios pueden encontrar una amplia y diversa información sobre precios mayoristas de los productos agropecuarios e insumos, alertas climáticas, convocatorias y servicios del MADR, y otra información especializada de alto impacto e interés en las labores cotidianas rurales. Gracias a la información recibida a través de Celuagronet, tanto los productores como los demás agentes de las cadenas productivas pueden mejorar la toma de decisiones. Actualmente, la estrategia cuenta con más de 220 mil beneficiarios informados y desde su puesta en marcha, en 2011, hasta la fecha se han enviado más de 7 millones de mensajes de texto. Los dos avances más destacados de esta iniciativa son, por una parte, la estrategia de difusión y capacitación enfocada directamente en productores ubicados en las zonas rurales del país, y por otra, la construcción de protocolos de gestión y envío de información especializada por cadena productiva, con la cual se especializa y mejora la efectividad de las comunicaciones.

## El papel de la información en la toma de decisiones

Los notables procesos de adopción tecnológica e innovación influyen en la estructura del sector agropecuario al brindarle información oportuna y de calidad, al ampliar el conocimiento sobre los precios de los mercados facilitando los procesos de negociación entre los agricultores, reduciendo las cadenas de intermediación, ofreciendo mejores precios al cliente y mejorando la rentabilidad de los negocios agropecuarios.

En este sentido, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) ha otorgado especial reconocimiento al papel de la información como factor estratégico para el desarrollo del sector agropecuario. Por ello, ha destinado importantes recursos en los últimos años para mantener en operación los diferentes sistemas sectoriales, como Agronet y Celuagronet, dos iniciativas del plan VIVE DIGITAL Sector Agropecuario, que se han venido consolidando durante los últimos años, como dos de las fuentes de información sectorial más consultadas en Colombia, gracias al mantenimiento y permanente actualización de la información, y a la búsqueda de soluciones a la medida de los diferentes usuarios, con el fin de brindar un mejor y más ágil servicio. Para ello, dispone de la plataforma informática de la Intranet Gubernamental, la cual otorga un gran respaldo y soporte técnico, gracias a un servidor de gran capacidad y un canal de Internet de alta velocidad que facilita la consulta de grandes volúmenes de información desde el portal web, [www.agronet.gov.co](http://www.agronet.gov.co).

**pagosonline**   
El pago seguro en internet

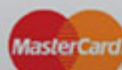
Vende fácilmente por internet con toda tranquilidad, usando la más avanzada tecnología en detección contra el fraude electrónico.

Contáctanos ya en:  
[www.pagosonline.com](http://www.pagosonline.com)

P B X (+1) 756 31 26



Recibimos tus pagos por medio de:



Agronet surgió en 2005, como iniciativa del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), pretendiendo proveer información estratégica, oportuna y sintética a los diferentes actores del sector agropecuario colombiano, con énfasis en los pequeños y medianos productores.

Esta red consiste en un portal de internet en el que se centraliza la información oficial del sector agropecuario, de libre acceso, en el que es posible consultar estadísticas de producción de diferentes productos, precios de los mismos en los mercados, precios de insumos, información climática, cursos virtuales, entre otras informaciones. Sin embargo, si bien es cierto que en el país han aumentado los indicadores de acceso a Internet y alfabetización digital, el portal web no es el mejor canal de comunicaciones para llegar a los productores agropecuarios. Por esta razón surgió Celuagronet como alternativa complementaria que permite llegar a más productores gracias a los altos niveles de penetración de esta herramienta tecnológica.

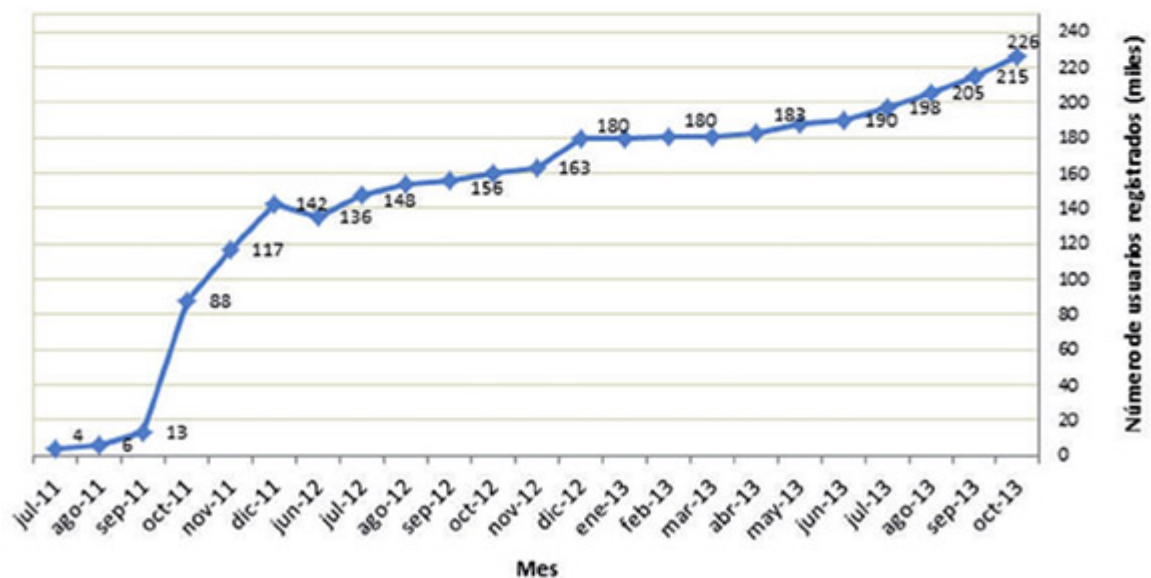
## Celuagronet como apoyo a la toma de decisiones

Teniendo en cuenta la oportunidad que brindan los altos niveles de penetración de la tecnología celular en Colombia, Celuagronet se diseñó como un canal de comunicación alternativo para acercar los servicios al ciudadano del MADR y a los productores agropecuarios, considerando que actualmente el país cuenta con más celulares que habitantes. Celuagronet identifica y caracteriza productores agropecuarios en todas las zonas rurales del país y segmenta, gestiona, prepara y envía mensajes de texto vía celular totalmente gratuitos. De este modo, los productores reciben información oportuna, actualizada y oficial que les permitirá tomar mejores decisiones, especialmente en temas de comercialización. Dicha estrategia cuenta con cobertura nacional y es de libre acceso para todas las personas que deseen vincularse, llámese productor, asistente técnico, investigador, docente, comercializador, entre otros actores.

Está demostrado que al entregar información estratégica a productores agropecuarios, estos mejoran su conocimiento, aumentan su poder de negociación y se mantienen al tanto, de manera inmediata, de los últimos sucesos relativos al sector. Por consiguiente, las personas pueden tomar decisiones con mayores herramientas y no guiados por la moda o los cambios relativos en los mercados.

De esta forma el MADR viene procurando ampliar el impacto e impulso que está imprimiendo al sector rural, al contribuir al acercamiento del productor a las tecnologías de la información, brindándole herramientas para el fortalecimiento de sus actividades.

Desde su creación en 2011, Celuagronet ha venido presentando un incremento constante en el número de usuarios, como se observa en la Gráfica 1, en un período de dos años ha consolidado más de 220 mil beneficiarios. Es de resaltar que los esfuerzos para su consecución han sido considerables dada la dispersión de las unidades productivas a lo largo y ancho del país y la necesidad de contar con autorización individual expresa de los usuarios a la luz de la ley de Habeas Data.



Gráfica 1. Crecimiento usuarios Celuagronet 2011 - 2013

## El futuro de celuagronet

---

Al finalizar 2013, la meta de personas informadas a través de Celuagronet es de 250 mil y en 2014 se espera vincular 300 mil ciudadanos rurales, recibiendo información gratuita.

Una de las principales actividades que requiere esta estrategia es la caracterización y ajuste permanente de la base de datos de personas vinculadas, explicable si se tiene en cuenta que constantemente los usuarios cambian su número celular, se trasladan a otros lugares y/o diversifican su producción. Por ello, se hace necesario mantener un programa de actualización a través de llamadas personalizadas a los usuarios en las que se verifiquen sus datos, manteniendo abierto el canal de comunicación con los usuarios a través del correo electrónico [agronet@minagricultura.gov.co](mailto:agronet@minagricultura.gov.co) y a través de la comunicación por celular en doble vía con los usuarios.

Actualmente se está trabajando en la maduración de la estrategia Celuagronet a una Fase 2, mediante la cual se consolidará la doble vía gratuita de mensajería de texto, en la que los usuarios podrán enviar y recibir mensajes de texto. Lo anterior permitirá mejorar la interacción del sector productivo con el nivel central y agilizará los flujos de información y generación de conocimiento en el país. De igual forma, contribuirá al fortalecimiento de las relaciones entre los actores del sector en las zonas rurales con la entidad encargada de dictar las políticas a nivel agropecuario, en este caso el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Para 2014 se espera lograr comunicación entre los usuarios de Celuagronet, con el fin de generar nuevos procesos de transferencia de tecnología entre los mismos productores, de forma tal que puedan intercambiar experiencias acerca de sus temas de interés a través de su celular, en su propia finca y sin tener que trasladarse ni incurrir en costo alguno.

Para registrarse y ser beneficiario de esta estrategia, las personas pueden enviar un mensaje de texto igualmente gratuito, al número 85050 con la palabra CELUAGRONET, inscribirse a través de la página de Internet [www.agronet.gov.co](http://www.agronet.gov.co) en el enlace de Celuagronet o en las jornadas de registro que se llevan a cabo en todo el país.

## Bibliografía

---

Agronet. (2013). Plan Operativo Proyecto. Documentación Proyecto.

Celuagronet. (2013, junio), Datos claves, en Revista Agricultura de las Américas, Edición 436.

Diario La República. (2013, primera quincena de septiembre), Tecnología y Agro una fórmula ganadora, Sección Agronegocios, núm. 88 [www.agronet.gov.co](http://www.agronet.gov.co)



Ver para conocer, conocer para preservar

Fotografías de **Juan David Dueñas Barros**

[juandavid151191@gmail.com](mailto:juandavid151191@gmail.com)



**Montañas,**  
Tomada a las 3 de la tarde paisaje  
montañoso de el municipio de guasca



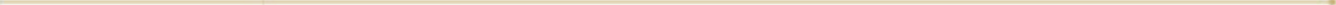
**Nuestro gran cañon,**  
Tomada en el Cañón de el Chicamocha a las 12 del día

**Tormenta,**  
Tomada en el Municipio de Chfá a las 2  
de la tarde, día nublado





**Atardeciendo,**  
tomada en la vía Barranquilla-Santa Marta  
a las 5: 30 de la tarde día soleado.



--	--



USTED PUEDE SER PARTE  
DE LO QUE SOMOS

## ASÓCIESE

Ser miembro de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, le permite participar en actividades científicas, tecnológicas y de capacitación permanente y desarrollo profesional, estar actualizado por medio de publicaciones periódicas y eventos sobre los últimos avances nacionales e internacionales, y en general acceder a los diferentes beneficios que la membresía le confiere.

### CATEGORÍAS

#### 1. Titulares

Naturales: \$ 100.000 / Jurídicos: \$ 440.000

#### 2. Adherentes

Naturales: \$ 66.000 / Jurídicos: \$ 290.000

Las instituciones educativas de básica y media, se clasifican en esta categoría y cancelan la suma de \$ 220.000

#### 3. Estudiantes

Con carné vigente \$ 50.000

EL VALOR DE LA AFILIACIÓN ES ANUAL

### Beneficios:

Integración con las comunidades científica, tecnológica y académica.

- Participación como experto en actividades académicas organizadas por ACAC, desde su área del conocimiento.
- Presentación ante entidades nacionales e internacionales con las que ACAC tiene vínculos.

Intervención en la formulación de políticas de ciencia y tecnología.

- Expresarse por medio de ACAC, ante las autoridades, para proponer políticas sobre ciencia, tecnología e innovación.
- Informarse sobre incentivos de las entidades gubernamentales para estimular proyectos y el desarrollo académico.

Participación en actividades científicas y tecnológicas.

- Participación en los programas académicos de la Asociación y por con las que ACAC posee alianzas.

Vínculos con otras entidades de carácter científico y tecnológico.

- Vinculación a entidades a las que pertenece ACAC y obtener beneficios que tal membresía confiere.

Asesoría en actividades científicas y juveniles.

- Los tutores científicos ACAC ofrecen a colegios asesoría a niños, niñas y jóvenes a través del Correo de la Ciencia.

Descuentos en bienes y servicios de ACAC.

- Programación Académica
- Publicaciones
- Pauta publicitaria en la Revista *Innovación y Ciencia*, entre otros.

Suscripción gratuita a la Revista *Innovación y Ciencia*.

- Cuatro números al año..

Boletín Informativo.

- Actualización sobre convocatorias, becas, premios, reconocimientos y demás temas de actualidad en Ciencia, Tecnología e Innovación.

Más información en el Departamento de Atención al Asociado

Calle 44 N° 45 - 67, Bloque C, Módulo 3  
Teléfonos: 221 9953 315 4009 221 4626  
315 5900 Ext. 123 - 107 / Cel. 317 6483813  
Correo Electrónico: asociados@acac.org.co / mercadeo@acac.org.co  
Página Web: www.acac.org.co

### El arte de hacer “ceros” y “unos”

Tecto inihici tatur, cust, qui tem que porruntur, non culparcid magnisti sandam, sum et, quis sunt int volor sam et qui cullore ndelecus idebis quibus dolupietum vero blatur? Anis ex es eles dio tecus debis doluptur sa volupta dolorit liqui volupta tinciist aliqui optam, odi cum latium nobitio ratias autam cuptin re sequas nonsequas magnam venducid quam exerchi libusam, volessit rae ipid

