



# Innovación y Ciencia

Volumen XIX • Nº 3 • Tarifa postal reducida 2012 - 194 • Colombia \$ 16.000

> Edición especial

*Investigación e innovación con impacto social*



Tarifa postal reducida 2012-194



516.000



Asociación Colombiana de

**REVISTA INNOVACIÓN Y CIENCIA**

**VOLUMEN XIX N° 3- EDICIÓN ESPECIAL 2012**

**PUBLICACIÓN DE:**

Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC

**JUNTA DIRECTIVA ACAC**

Eduardo Posada Flórez

Marcelo Riveros R.

Carlos Corredor P.

Elena Stashenko

Guillermo Hoyos V.

Helena Groot

Horacio Torres S.

Rubén Ardila Ardila

Corporación para Investigaciones Biológicas - CIB

Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas - CIDEIM

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - ACCEFYN

Centro Interactivo Maloka

**PRESIDENTE**

Eduardo Posada Flórez

**DIRECTORA EJECUTIVA**

Carmen Helena Carvajal López

**EDITOR**

Germán Cubillos Alonso

**COORDINACIÓN EDITORIAL**

Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC

**COMITÉ EDITORIAL**

Eduardo Posada Flórez

Carmen Helena Carvajal

Elizabeth Castañeda

Marcelo Riveros

Jordi Carreras

María Fernanda Gutiérrez

Germán Puerta Restrepo

Eduardo Rueda Barrera

Carlos Arroyave Posada

Sergio Torres Arzayús

**CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL**

José Antonio López Cerezo

Alejandro Franco García

**PRODUCCIÓN, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

Susana Carrié M.

**CORRECCIÓN DE ESTILO**

María Teresa Ropaín García

**FOTOGRAFÍA**

Autores y Banco de imágenes

**IMPRESIÓN**

Nomos Impresores

**COMERCIALIZACIÓN**

Departamento de Mercadeo de ACAC

**DISTRIBUCIÓN**

Distribuidoras Unidas



**CARÁTULA**

*La felicidad de aprender*

Composición digital: Susana Carrié

*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: 2012-194 4-72. La Red Postal de Colombia, vence 31 de diciembre de 2012

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

Teléfonos: 3150734 – 3155900

Fax: 2216950

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

Bogotá, D.C. – Colombia

Precio de venta al público: \$16.000

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

\$65.000 fuera de Bogotá.



## CTS + I = País

Carta enviada por la ACAC al Presidente de la República

8

CTS + I = PAÍS



## Universidad, innovación y desarrollo

¿Cómo la universidad puede orientar su I+D al mercado?

14



RAIMUNDO ABELLO LLANOS

## Energías alternativas

Los residuos agropecuarios: fuente energética para el desarrollo del agro colombiano

24



FABIO E. SIERRA VARGAS

CARLOS A. GUERRERO F.

FABIOLA MEJÍA B.

## Demografía

La transición demográfica ¿desarrollo o desastre?

36



GUNTER TRAPP

## Educación científica

Universidad de los niños EAFIT: conocimiento científico en circulación

46



ANA CRISTINA ABAD R.



# Sumario

Innovación y Ciencia Volumen XIX N° 3 • Edición especial - 2012

## Ciencia, tecnología y sociedad 2012

La innovación y la investigación tecnológica en Colombia: una oportunidad inaplazable 58

HORACIO TORRES SÁNCHEZ



Innovación y desarrollo tecnológico con función social 66

ALBERTO OSPINA T.



Biomedicina 74

Factores que propician la innovación: el caso de la biomedicina

LINA BEATRIZ PINTO GARCÍA

LIGIA GÓMEZ MONCADA

NANCY GORE SARAVIA



Biotecnología 84

Proyección social de la Bioprospección y la Biotecnología

DOLLY MONTOYA CASTAÑO



Publirreportaje 96

Sistema General de Investigaciones (SGI) de la Corporación Universitaria Remington (CUR)



Ver para conocer, conocer para preservar 100  
fotos: ballenas yubarta o "jorobadas"

JAIME ARTURO HENAO FRANCO



Sitios web 108

**E**n estos días, a partir del 26 de septiembre, se iniciará en Bogotá la XIX Convención Científica Nacional de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia —ACAC— que esta vez tiene como eje central el de la investigación y la innovación con impacto social. La relevancia de este tema, a la luz de las difíciles circunstancias que hoy está viviendo el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, es indiscutible. En los últimos tres años, desde la sanción de la ley 1286 de 2009, la comunidad científica ha recibido señales contradictorias de parte del Estado: al transformar a Colciencias en Departamento Administrativo y encargarle el desarrollo e implementación de la política de Ciencia, Tecnología e Innovación, la ley le dio a esta entidad, en principio, una mayor importancia dentro del organigrama del gobierno. En la práctica esto se ha quedado en el papel y, por el contrario, su presupuesto de inversión para el año entrante se redujo en un 10%, hecho especialmente grave si consideramos que más de la mitad se destina a financiar becas de doctorado. Los recursos para apoyar proyectos de los más de cinco mil grupos de investigación activos que tiene el país son, por lo tanto, claramente insuficientes. Por otro lado, la reforma constitucional de 2011 estableció que el 10% de las regalías petroleras y mineras se dedique a financiar propuestas de ciencia, tecnología e innovación presentadas por las entidades territoriales, lo cual en principio compensaría el anterior recorte si se coordina adecuadamente. Sin embargo, los procedimientos para la presentación y trámite de los proyectos han sido tan complejos que surgen serias dudas en cuanto al óptimo aprovechamiento de esos recursos.

La Convención, a través de conferencias magistrales, talleres y paneles de discusión brinda un espacio excepcional para discutir esos temas tan fundamentales para el desarrollo del país y, más aún, para formular propuestas concretas que le permitan a Colciencias, y a otras entidades del gobierno, orientar las políticas para este sector tan estratégico. En particular, se discutirán las relaciones entre ciencia básica, ciencia aplicada e innovación; el papel de la educación en ese contexto y el rol de Colciencias como ente coordinador de todo el Sistema.

Estamos seguros de que tanto este número especial de *Innovación y Ciencia* como la Convención aportarán, como ha ocurrido en el pasado, elementos vitales para consolidar nuestra capacidad de producción de conocimiento, elemento central para garantizar un futuro sostenible a cualquier país.

**Eduardo Posada Flórez**  
Presidente

**Carmen Helena Carvajal López**  
Directora Ejecutiva

Lea la edición 8 / Junio 2012

www.ecopetrol.com.co / SaladePrensa  
Contacto: Leyla.Tovar@ecopetrol.com.co

08

ecopetrol

# & INNOVA

Transformamos la energía con innovación

ISSN 2027-1719

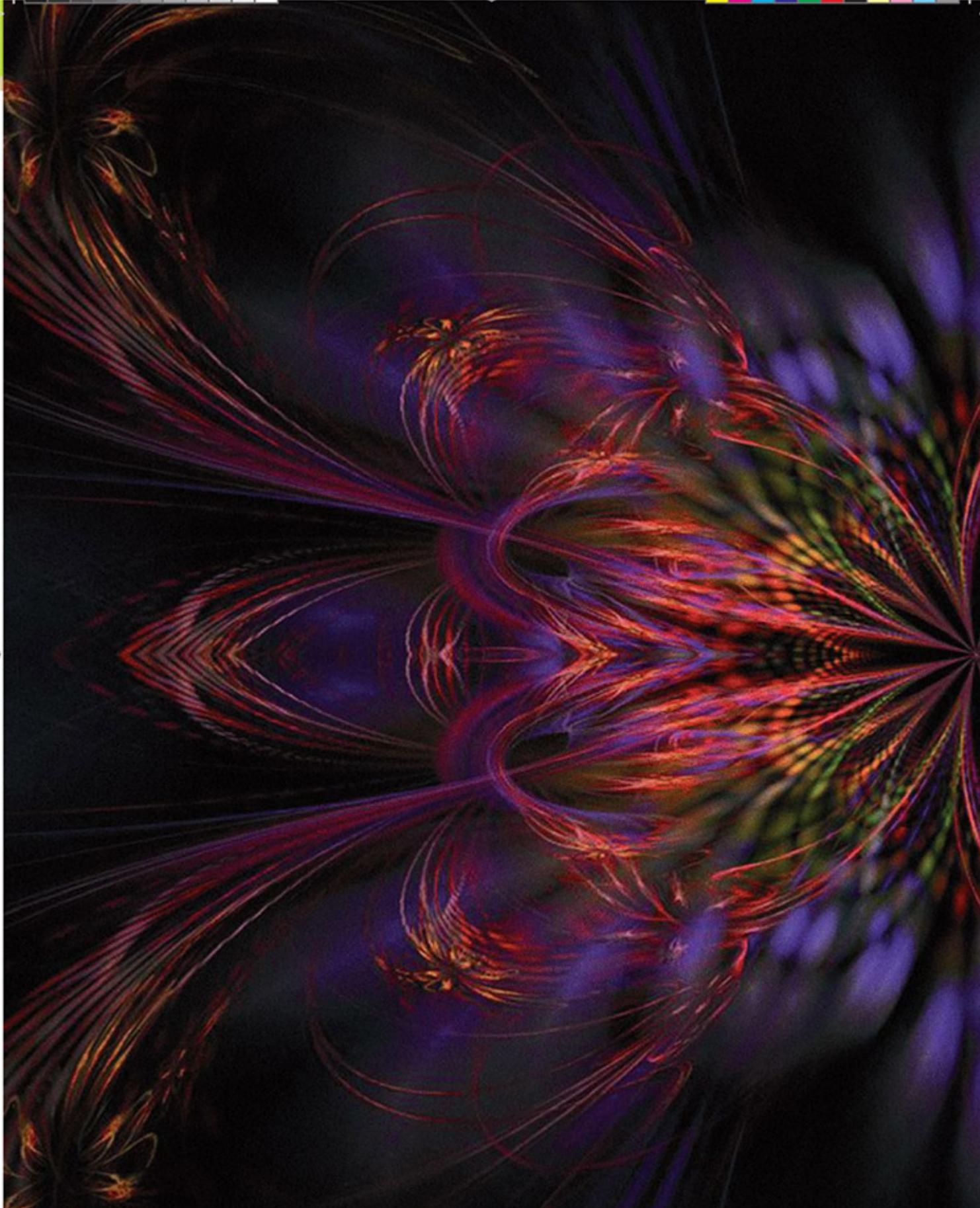
## I+D+i

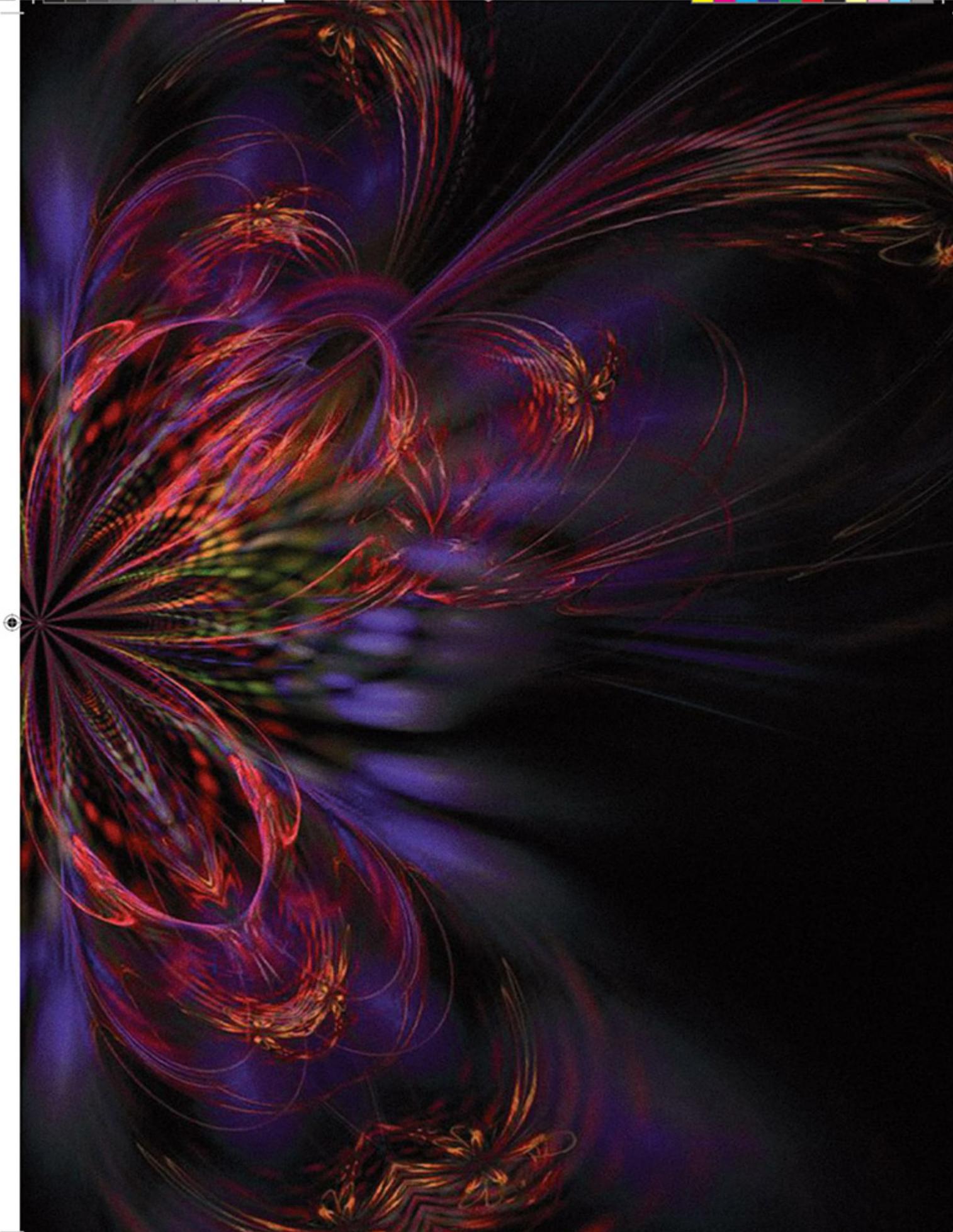
Más allá de los  
biocombustibles

## entrevista

CO<sub>2</sub>: problema de todos,  
solución entre todos

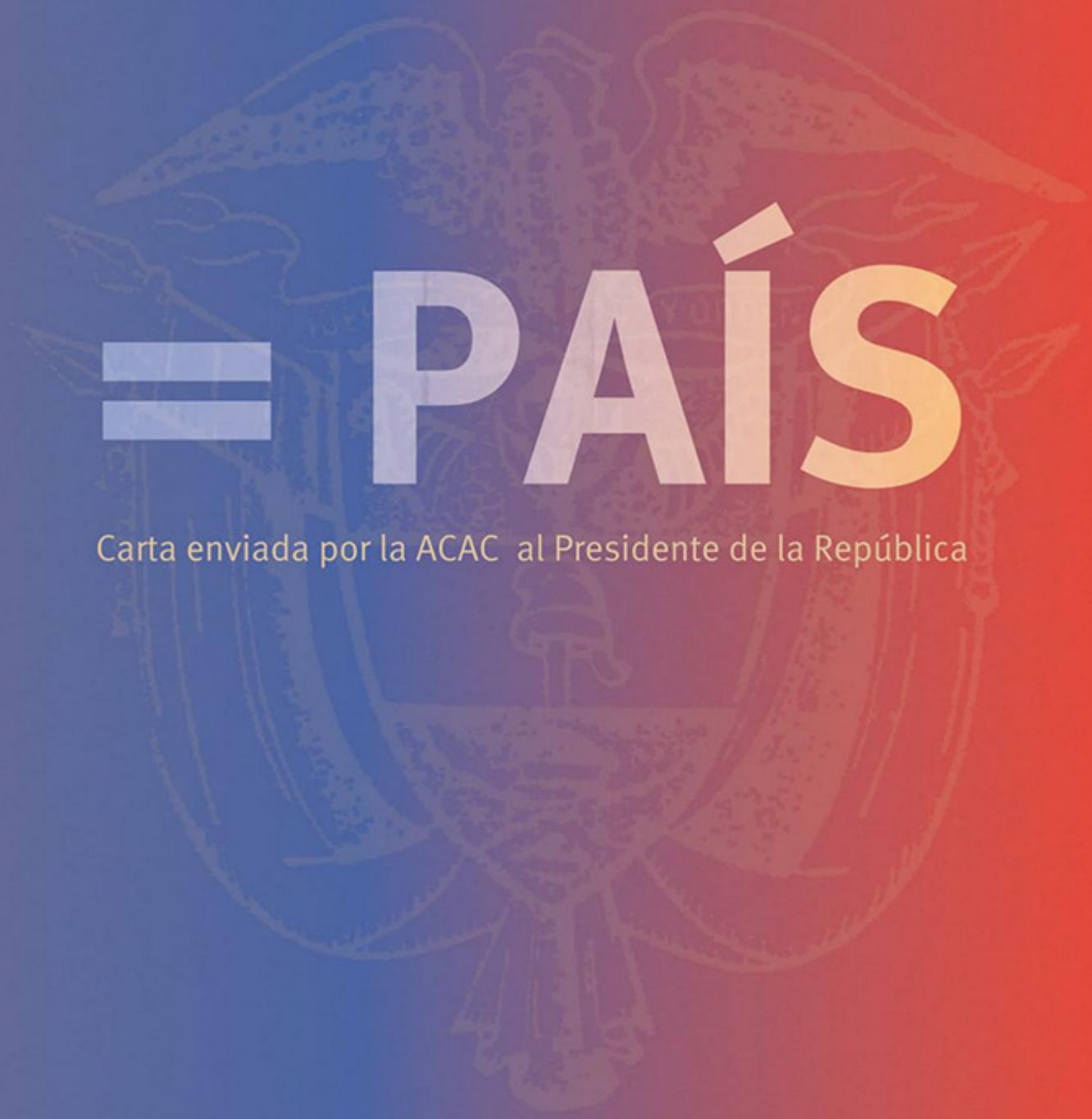
Nuevas Tecnologías  
invisible







CTS + I



= PAÍS

Carta enviada por la ACAC al Presidente de la República

Bogotá, D.C. Julio 17 de 2012

Doctor

**Juan Manuel Santos Calderón**

Presidente de la República

Bogotá, D.C.

Respetado Señor Presidente:

En nombre de Junta Directiva y de los miembros de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, queremos hacerle llegar algunas reflexiones que creemos pertinentes en las actuales circunstancias que vive el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Como muy acertadamente lo mencionó Usted en su intervención durante la reciente celebración de los veinte años de Colfuturo, el descubrimiento del bosón de Higgs es uno de los mayores hitos en la historia de la ciencia contemporánea, cuyo impacto en la sociedad puede ser tan importante como el del electrón o el de la estructura del ADN. Es igualmente notable que físicos de universidades colombianas hayan participado directamente en ese descubrimiento, lo cual muestra a las claras la capacidad desarrollada por la comunidad científica nacional, que si bien es pequeña, si se la compara con la de países vecinos, constituye una base muy sólida para la construcción del futuro. Queremos felicitarlo por la claridad con la que supo abordar esos temas, lo cual Señor Presidente, nos llena de optimismo respecto a la acogida que Usted dará a nuestras inquietudes.

Lo anterior, nos permite referimos a dos puntos principales que han sido objeto de la actividad de nuestra asociación a lo largo de más de 40 años de trabajo por y con la comunidad académica y que hoy son fundamentales para el desarrollo del país.

El primero de ellos se relaciona con la necesidad urgente de mejorar la calidad de la educación a todos los niveles, especialmente en ciencias, no sólo con el propósito de adquirir conocimientos básicos para desenvolverse adecuadamente en el mundo moderno, sino como disciplina, para aprender a pensar de manera correcta, lo cual es esencial en cualquier espacio de la vida. Dentro de este marco, debe fortalecerse la política de formación de investigadores al más alto nivel tanto en Colombia como en el exterior, como lo han venido haciendo Colfuturo y Colciencias.

Del mismo modo, es indispensable estimular los programas de apropiación social de la ciencia y la tecnología para lograr que toda la sociedad aproveche sus beneficios y participe en la construcción de conocimiento para la solución de nuestros problemas. Todo lo anterior llevaría a que Colombia mejore su desempeño en evaluaciones internacionales en las cuales seguimos ocupando los últimos lugares, y siente las bases para una auténtica competitividad.

»» Calle 44 No. 45 - 67  
Unidad Camilo Torres - Bloque C, modulo 3  
Bogotá, D.C. Colombia

teléfonos: (571) 315 5900 - 221 3313  
fax: (571) 221 6950  
A.A. 92581  
Correo electrónico: [acac@acac.org.co](mailto:acac@acac.org.co)  
[www.acac.org.co](http://www.acac.org.co)

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

El segundo tema se refiere a la necesidad urgente de establecer una política ambiciosa de ciencia, tecnología, sociedad e innovación, que cubra los diferentes aspectos relacionados con ese tema, desde el apoyo a las ciencias naturales y sociales básicas, hasta la modernización de la industria y la creación de empresas de base tecnológica. En estos últimos aspectos la participación de las universidades y los centros de investigación es fundamental. La política, que de acuerdo con la Ley 1286 debe ser generada e implementada por Colciencias, tiene la misión de definir claramente el papel de todos los actores involucrados. En la práctica, esa labor no se ha podido cumplir, lo cual ha llevado a cabo una peligrosa separación entre ciencias y tecnología, por una parte, e innovación por otra, cuando en realidad, todas deben estar perfectamente integradas en un conjunto continuo.

Como resultado adicional de lo anterior, se aproxima una fuerte reducción del presupuesto de Colciencias, del cual buena parte se dedicará a becas doctorales, olvidando que, paralelamente, se debe apoyar a los cerca de 20.000 investigadores ya formados, cuyo potencial para contribuir al desarrollo del país es enorme si se les brinda la oportunidad de hacerlo. Por otra parte, las perspectivas de financiación abiertas por la reforma del régimen de regalías, o por los incentivos tributarios establecidos en la ley 1450, hicieron pensar por un momento que Colombia había entendido que la inversión en ciencia, tecnología e innovación es fundamental para el desarrollo, como lo han hecho países como Corea, Brasil o Chile.

Desafortunadamente, en la realidad, los procesos para acceder a esos recursos son tan complejos, que muy pocas son las perspectivas de aprovecharlos adecuadamente a corto plazo. A pesar de lograr la destinación del 10% de las regalías para este tema, la forma como se plantea su asignación y la visión que se impone en el alto gobierno sobre la innovación y su manejo como política pública, hace que Colciencias y las instituciones de investigación del país queden relegados, ocasionando efectos negativos sobre la confianza y la credibilidad en la política científica y tecnológica.

En este momento, una de las metas fundamentales debe ser la de fortalecer a Colciencias administrativa y financieramente, devolverle su papel protagónico en el Sistema de Ciencia, Tecnología Sociedad e Innovación y garantizar que el nuevo director cuente con el apoyo decidido del gobierno para adelantar su estratégica labor.

En la seguridad, Señor Presidente, de que, gracias a la claridad que Usted tiene sobre estos temas, sabrá tomar las decisiones acertadas para orientar el rumbo de una de las locomotoras de la prosperidad, tan importante para el futuro de nuestro país. Esperamos que en un próximo futuro usted pueda recibir a una comisión de los firmantes para expresarle personalmente nuestros planteamientos.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente.

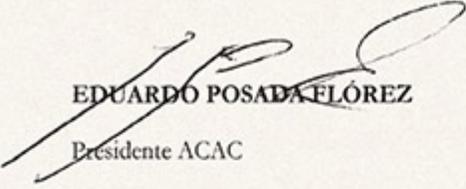
Nos suscribimos de Usted atentamente,



Calle 44 No. 45 - 67  
Unidad Camilo Torres - Bloque C, modulo 3  
Bogotá, D.C. Colombia

teléfonos: (571) 315 5900 - 221 3313  
fax: (571) 221 6950  
A.A. 92581  
Correo electrónico: [acac@acac.org.co](mailto:acac@acac.org.co)  
[www.acac.org.co](http://www.acac.org.co)

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

  
**EDUARDO POSADA FLÓREZ**

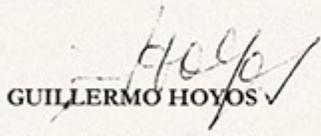
Presidente ACAC

Presidente Junta ACAC

  
**HORACIO TORRES**

Director PASS UNAL

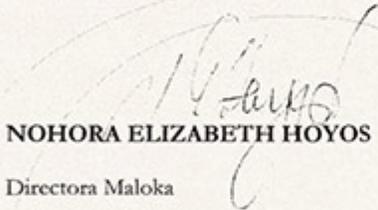
Secretario Junta ACAC

  
**GUILLERMO HOYOS**

Director Instituto de Bioética

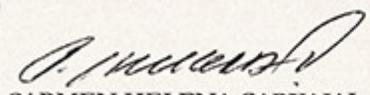
Pontificia Universidad Javeriana

Miembro Junta Directiva ACAC

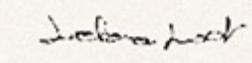
  
**NOHORA ELIZABETH HOYOS**

Directora Maloka

Miembro Junta Directiva ACAC

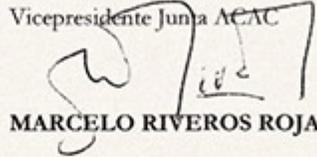
  
**CARMEN HELENA CARVAJAL**

Directora Ejecutiva ACAC

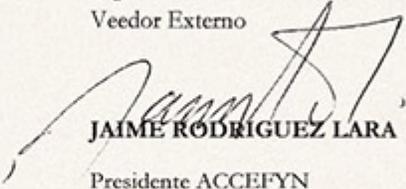
  
**HELENA GROOT DE RESTREPO**

Directora Laboratorio de Genética Humana  
Universidad de los Andes

Vicepresidente Junta ACAC

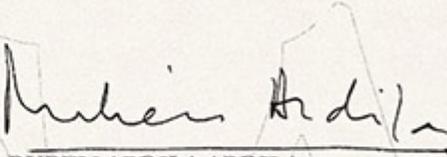
  
**MARCELO RIVEROS ROJAS**

Profesor Asociado y Emérito Departamento de  
Ingeniería Química y Ambiental de la Facultad de  
Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia -  
Veedor Externo

  
**JAIME RODRIGUEZ LARA**

Presidente ACEFYN

Miembro Junta Directiva ACAC

  
**RUBEN ARDILA ARDILA**

Profesor Especializado Universidad Nacional

Miembro Junta Directiva ACAC

 Calle 44 No. 45 - 67  
Unidad Camilo Torres - Bloque C, modulo 3  
Bogotá, D.C. Colombia

teléfonos: (571) 315 5900 - 221 3313  
fax: (571) 221 6950  
A.A. 92581  
Correo electrónico: [acac@acac.org.co](mailto:acac@acac.org.co)  
[www.acac.org.co](http://www.acac.org.co)

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



Presidencia  
Secretaría Privada  
República de Colombia

Prosperidad  
para todos

OFI12-00076864 / JMSC 33010

Bogotá D.C., julio 19 de 2012

Doctor  
**Eduardo Posada Flórez**  
Presidente  
Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia  
y Demás Firmantes  
Calle 44 No. 45-67  
Unidad Camilo Torres – Bloque C, Modulo 3  
Bogotá  
OFI12-00076864

Ref: Radicado No. EXT12-00060342

Respetado doctor Posada:

En consideración al oficio de la referencia dirigido al señor Presidente de la República en días pasados, les informo que se ha dado traslado del mismo a los Ministerios de Hacienda y Crédito Público y de Educación Nacional; así como, al Departamento Nacional de Planeación, a la Dirección del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República y a la oficina de la Alta Consejera Presidencial para el Buen Gobierno y la Eficiencia Administrativa, para su consideración.

Cordial saludo

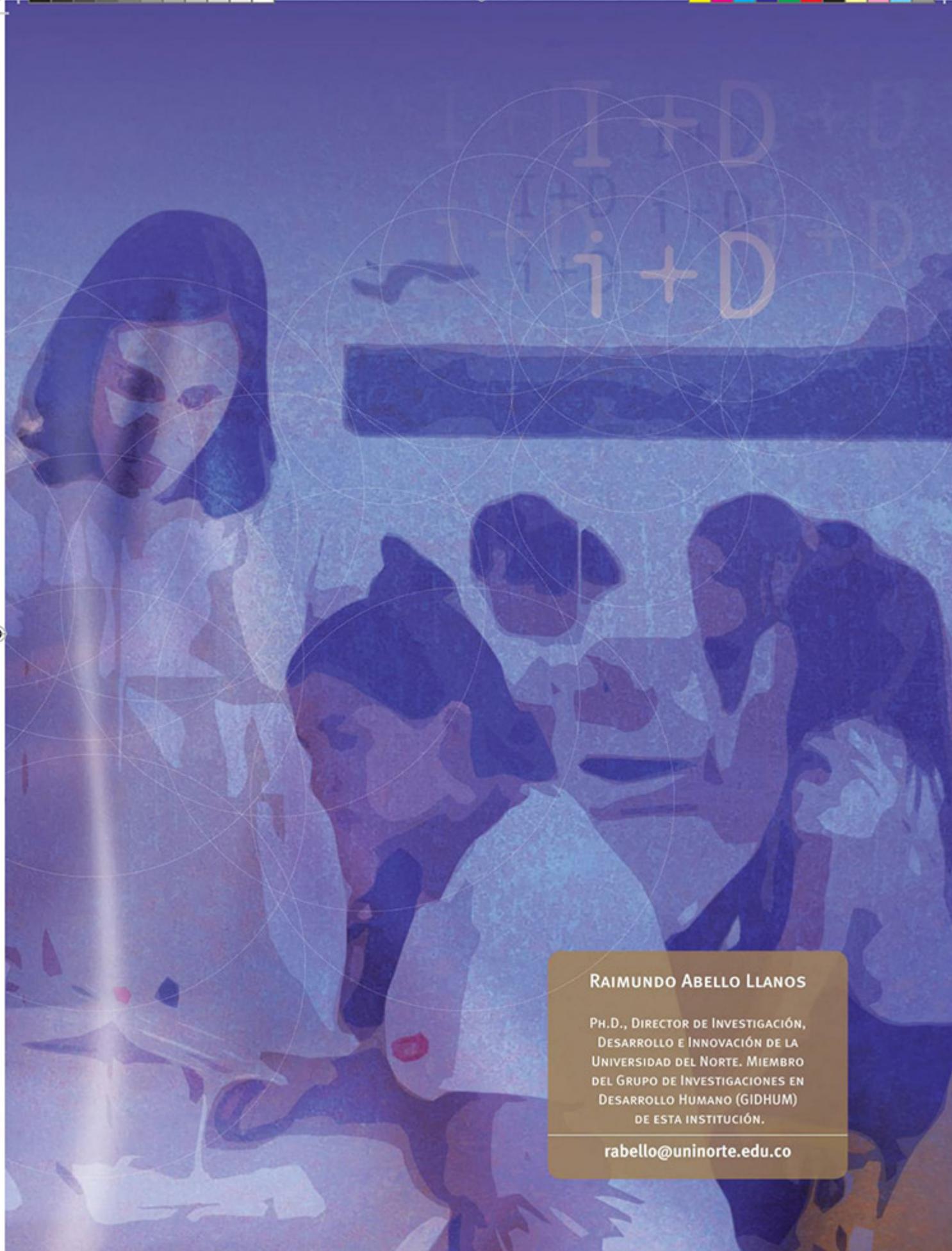
**Juan Carlos Mira Pontón**  
Secretario Privado

YCM/EM

Universidad, innovación y desarrollo

# ¿Cómo la universidad puede orientar su I+D al mercado?





**RAIMUNDO ABELLO LLANOS**

PH.D., DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN,  
DESARROLLO E INNOVACIÓN DE LA  
UNIVERSIDAD DEL NORTE. MIEMBRO  
DEL GRUPO DE INVESTIGACIONES EN  
DESARROLLO HUMANO (GIDHUM)  
DE ESTA INSTITUCIÓN.

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

## Resumen

Se pretende develar las mejores prácticas universitarias en la administración de la investigación y desarrollo que favorecen la orientación de la producción de conocimiento científico y tecnológico hacia la innovación tecnológica y social.

## Introducción

Para nadie es un misterio que la innovación se constituye en el referente más importante del crecimiento económico y desarrollo social de los países, y que ésta depende no sólo de la capacidad científica y tecnológica de la economía, sino también de la capacidad de interacción de una red de instituciones públicas y privadas, donde las universidades juegan un papel fundamental, pues de sus interacciones con la industria y el gobierno se inicia, importa, modifica y difunde el conocimiento científico y tecnológico, que es el valor agregado más sobresaliente de la innovación de los sectores económicos locales, regionales y nacionales.

La importancia de las interacciones entre las empresas, las universidades que hacen investigación y otros agentes externos, como el gobierno y el sector financiero, es altamente reconocida considerando la dinámica actual de la generación del conocimiento. Esta dinámica resulta un factor definitivo a la hora de establecer estrategias para sustentar la *transferencia y apropiación del conocimiento* como resultado de la investigación y desarrollo (I+D) que se da en las universidades investigativas. Un sello distintivo en la actual producción del conocimiento tiene que ver con su "aplicación": su generación está directamente relacionada *con la intención de ser útil para alguien*, ya sea la industria, el gobierno o la sociedad. En este contexto, el conocimiento se genera bajo negociación continua y no será producido a menos que (y hasta que) se tengan en cuenta los intereses de los diversos actores involucrados, y su producción es el resultado de un proceso en el que operan los factores de la *oferta* y la *demand*a, pero las fuentes de la oferta son cada vez más diversas, tal y como surgen también diferentes formas de demanda de conocimiento especializado (Gibbons, 1997).

## Contexto

Aunque el vínculo universidad-empresa no es nuevo, en Colombia esta relación es débil y esto se evidencia en los resultados de la Tercera Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT III) divulgados en 2010 por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Colombia. DANE, 2010) y resumidos por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología en *Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia-2010*; la situación también se evidencia en los resultados de la medición de competitividad del Foro Económico Mundial (FEM) 2011-2012, en el que Colombia ocupa el puesto 68 y muestra bajos resultados en ciencia, tecnología y especialmente innovación (Schwab, 2011).

Las universidades colombianas, en su gran mayoría, están orientadas exclusivamente a la docencia; muy pocas cuentan con recursos humanos suficientes para la investigación (doctores) y, a pesar de que hay pocas universidades que "enseñan e investigan", no muchas de ellas se interesan en una investigación de cuya lógica se genere conocimiento con un propósito claro de aplicación, uso, transferencia, negociación y comercialización. En el período 2002-2010 se reportaron sólo 491 grupos clasificados en Colciencias en las categorías A y A1, lo que equivale al 4,5% del total de grupos registrados (Colombia. Colciencias, 2010). De estos grupos de élite que concentran la mayoría de los doctores colombianos que dedican parte de su tiempo a la investigación<sup>1</sup>, no son muchos los que se destacan por productos tecnológicos como solicitudes y patentes otorgadas. Se observa que las

1. Según el director de Colciencias, Jaime Restrepo Cuartas, no son muy exactas las cifras de doctores en Colombia. Hay unos 5.200 doctores y 4.000 en formación (Colombia. Colciencias, 2012).

patentes de invención solicitadas y concedidas por residentes nacionales en las fases nacionales e internacionales (TCP) sólo suman la cantidad de 1.039 entre 2000 y 2010 (Colombia. OCyT, 2010); esto, aunado a los escasos productos tecnológicos reportados por los grupos en los procesos de medición de Colciencias en el 2009 (Colombia. Colciencias, 2010), nos lleva a concluir que las relaciones son incipientes y precarias.

En Colombia existe hoy un fuerte consenso en cuanto a la importancia de la innovación como un instrumento para aumentar la productividad y competitividad de las empresas, tanto es así que el gobierno actual ha identificado la innovación como una de las locomotoras para jalonar la economía. En esta perspectiva es necesario comprender que las empresas no están solas a la hora de innovar; se encuentran inmersas en lo que se denominan Sistemas Regionales de Innovación (SRI), los cuales proporcionan un marco adecuado para analizar las características de la innovación según los territorios de acuerdo con su identidad cultural, sus apuestas productivas y sus fortalezas y potencialidades de I+D. Este enfoque, según Ignacio Fernández de Lucio, “lleva 30 años en Europa y comprende postulados de la economía evolucionista, en la que se distinguen especialmente por propiciar que la universidad, la empresa y el Estado interactúen de manera complementaria, buscando acuerdos que sean de beneficio mutuo para sus objetivos” (Fernández, 2012). En este mismo sentido, otros expertos internacionales sugieren que la vinculación es libre de diferencias entre actividades profesionales, disciplinas, tipos de conocimiento, estatus; y un aspecto fundamental es la interacción entre los actores (empresa, universidad, estructuras tecnológicas y financieras) dentro de un marco legal con una fuerte financiación del Estado. En esta perspectiva “la universidad con fortalezas investigativas juega un papel estratégico y es la base para generar las relaciones con la empresa” (Abello, 2005; Cooke, 2007).

Desde la creación de las líneas de fomento a la innovación en 1995, el Sistema Nacional de Innovación ha venido fomentando la articulación Universidad-Empresa-Estado mediante la exención tributaria, la cofinanciación y el crédito con estímulo. Esta estrategia se visualiza muy claramente en la política de la ciencia, la tecnología y la innovación que pretende incrementar la capacidad del país mediante la identificación, producción, difusión, uso e integración del conocimiento científico y tecnológico, con el propósito de mejorar la competitividad y contribuir a su transformación productiva mediante el impulso a tres elementos del conocimiento:

- La oferta (generación de conocimiento).
- La demanda (uso).
- La interacción entre oferta y demanda (Colombia. CONPES, 2009).

En este contexto las universidades colombianas no han participado activamente en el impulso a las relaciones dentro de los espacios de los SRI, muy a pesar de que desde 1995 Colciencias ha venido promoviendo activamente todas las líneas de fomento a la innovación que han propiciado la articulación universidad-empresa-Estado, incluso cuando recientemente el CONPES aprobó la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación, que se constituye en un referente de política que propicia las relaciones entre el conjunto de actores que interactúen en la producción, difusión y uso de nuevo conocimiento, económicamente útil (Lundvall, 1992, citado en CONPES, 2009). Su primer objetivo es “...fomentar la innovación en los sistemas productivos”, propiciando afianzar los vínculos entre la universidad, la empresa y el Estado. Sin embargo, el proceso es complejo por naturaleza y se requiere un papel más decidido del Estado desde la política industrial y no sólo desde las universidades.

“ la universidad con fortalezas investigativas juega un papel estratégico y es la base para generar las relaciones con la empresa”

“ En este sentido se trata de definir una estrategia para buscar que no sólo se incremente el volumen de conocimientos sino también su uso orientado a nuevas aplicaciones.”

## Estrategias

Desde mi experiencia en la gestión científica y tecnológica universitaria en más de un centenar de proyectos de innovación, creo oportuno llamar la atención sobre algunos de los aspectos que considero relevantes a la hora de promover estrategias provenientes de los ámbitos universitarios que fomenten una producción de conocimiento científico y tecnológico orientado a la innovación tecnológica y social:

1. Es necesario proponer una visión estratégica orientada intencionalmente *hacia la aplicación del conocimiento*.

Esta intencionalidad no sólo permite dirigir la investigación y el desarrollo (I+D) hacia su impacto en el sector externo,

situación deseable tanto en el sentido práctico como desde la óptica de desarrollar una ciencia, para fortalecer la estrategia productiva y social mediante la innovación como factor de transformación social (Abello, 2004).

2. Propiciar la intencionalidad de aplicación del conocimiento como estrategia que permite *ampliar las posibilidades de financiación* de diversas organizaciones que cuentan con una gama de exigencias y expectativas.

Esto permite encontrar aliados y buscar nuevas formas de ingresos como producto de la negociación y comercialización del conocimiento, mediante la I+D articulada a la innovación tecnológica y social. Tanto la transferencia del conocimiento científico y tecnológico para propiciar la innovación de productos, procesos y servicios en la empresa, como el licenciamiento de la propiedad intelectual resultante a partir de patentes y otros derechos que surgen de la propiedad intelectual derivada, permiten establecer alianzas privadas, como el origen de nuevas empresas de base tecnológica (Abello, 2005).

En este sentido se trata, como lo describe el Manual de Frascati (OCDE, 2002), de definir una estrategia para buscar que no sólo se incremente el volumen de conocimientos sino también su uso orientado a nuevas aplicaciones. En este caso, articular a los profesores investigadores universitarios con la solución de problemas de la empresa, el gobierno y la sociedad, utilizando fuentes de financiación del gobierno como la cofinanciación, el crédito con estímulo, la exención tributaria y la contratación directa para desarrollar proyectos cuyo conocimiento no sólo sea transferido sino que también se convierta en una innovación real. El caso más palpable para fundamentar este planteamiento es cómo la Universidad del Norte ha desarrollado más de 130 proyectos con empresas gracias a los recursos de la línea de fomento a la innovación. Es importante destacar dos proyectos: una mezcla acaricida desarrollada por el Grupo de Investigación en Inmunología y Biología Molecular de Uninorte y la empresa Procaps gracias a los recursos de cofinanciación de Colciencias, que dio como resultado una innovación de producto conocido comercialmente como Akar clean: este proyecto permitió no sólo el desarrollo de la investigación sino también una negociación de *royalties* que nos ha posibilitado ingresos por ventas netas a diez años una vez se comercializó el producto, el cual está en el mercado hace cinco años. Otro proyecto destacable, desarrollado por el Grupo de Investigación en Materiales, Procesos y Diseño de Uninorte y la empresa Centro Oftalmológico Carriazo, ha permitido, mediante cofinanciación y crédito Colciencias, el desarrollo de una planta piloto para la fabricación de microcomponentes oftalmológicos; los resultados de este proyecto son una realidad y de él esperamos regalías, a diez años, por ventas brutas una vez éste permita utilidades reales.

3. El cambio radical en la manera de producir y financiar el conocimiento científico y tecnológico obliga a las universidades a crear *plataformas de gestión de I+D* flexibles, altamente interactivas, orientadas a la gestión del conocimiento (Arbonies, 2006), con una fuerte articulación al sector productivo, y fundamentadas sobre tres pilares básicos:

- Captación, que se traduce en mecanismos de vigilancia permanente tanto del sector externo como de las capacidades científicas y tecnológicas del SNCTI y el sistema internacional.
- Creación orientada al aprendizaje permanente para resolver los problemas internos del sistema universitario en el logro de las alianzas que posibiliten llevar la investigación y el desarrollo a la innovación empresarial.
- Explotación del conocimiento para proteger y negociar, comercializar y licenciar sus productos (Arbonies & Aldazabal, 2005).

4. Es necesario diseñar una estructura de gestión para I+D flexible, *interactiva*, que facilite alianzas transdisciplinarias entre grupos de investigación y el sector externo.

La visión debe traducirse en objetivos y metas de desarrollo en los cuales se pueda reflejar la interacción con el sector externo, formas claras de protección, ingresos extraordinarios para profesores investigadores mediante la negociación y comercialización del conocimiento resultante de proyectos de I+D en marcha (Abello, 2005).

## Otros aspectos claves

La orientación de la capacidad investigativa de las universidades al servicio de la innovación, en la perspectiva de suplir las necesidades tecnológicas de las empresas en el entorno local, regional y nacional (Figura 1), está sustentada en otros aspectos como son:

- Aprovechar la imperiosa necesidad de innovación que tienen las empresas para mejorar su productividad y competitividad en los mercados nacionales e internacionales permite orientar la actividad de I+D de las universidades hacia proyectos de innovación de procesos, productos, servicios y organizacionales mediante la utilización de los instrumentos de fomento que promueve el Estado.
- Las líneas de fomento a la innovación que ofrece el Estado colombiano mediante Colciencias, SENA, Bancoldex, Fomipyme, Ministerio de Agricultura, entre otras, propician la participación de la universidad en proyectos de innovación. En la actualidad existen varias modalidades como la cofinanciación que promueve la articulación de la universidad y la empresa, el crédito con estímulo línea Bancoldex-

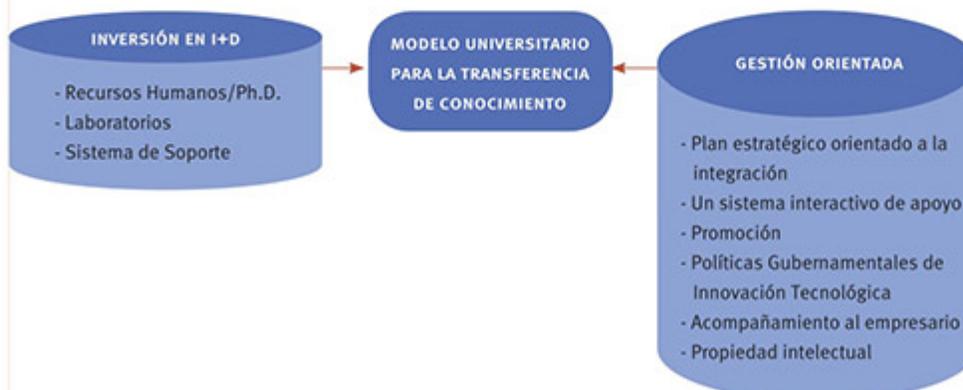


Figura 1.

Gestión intencionada e inversión: Procesos para un modelo de transferencia de conocimiento de la universidad al sector externo.

“  
...Sin lugar a dudas, la transferencia de conocimiento de la universidad al sector externo no obedece a una actividad *espontánea y tradicional de la universidad colombiana*...”

Colciencias (que en el 2012 no se ha abierto), exención tributaria para I+D para empresas pero articuladas con universidades o centros de investigación o desarrollo tecnológico, exención de IVA para equipos de investigación de universidades o centros de i+D, todo lo que el SENA promueve en la línea de fomento a la innovación y, a partir de este año, la línea Impulsa para la innovación de Bancoldex. Todo este portafolio de instrumentos abre la puerta a que las universidades comiencen a encontrar nuevos espacios para una investigación con alto nivel de transferencia y alto impacto tecnológico y social.

- Es importante garantizar la adecuada protección de los diferentes productos de la investigación con posibilidades de transferencia mediante formas de derechos de autor y de propiedad industrial, de modo que esto permita valorar, negociar, licenciar, comercializar y transferir el conocimiento hacia empresas nuevas o existentes.

- Conviene diseñar estrategias de aceleración de negocios orientadas a identificar productos del conocimiento en las áreas de investigación del sistema universitario, en las cuales se puedan precisar posibilidades de licenciamiento hacia empresas nacionales, vínculos con organizaciones de licenciamiento internacionales y promoción de compañías *spin off*.

## A manera de conclusión

Una de las interacciones más importantes en los sistemas de ciencia y tecnología, estimuladas por los gobiernos por ser un factor necesario para el desarrollo y consolidación de la innovación, es la relación de la universidad y su capacidad científica y tecnológica con la empresa.

Sin lugar a dudas, la transferencia de conocimiento de la universidad al sector externo no obedece a una actividad *espontánea y tradicional de la universidad colombiana*; por el contrario, implica un proceso de gestión intencionada, donde la oficina de investigaciones, a manera de una estructura de interfaz-EDI en un sistema regional de innovación, juega un papel primordial como dependencia articuladora de los intereses y necesidades del sector externo (empresa, gobierno y sociedad) mediante actividades de vigilancia, interacción de los profesores y estudiantes con las empresas, protección y negociación, así como la asesoría permanente con plataformas avanzadas en materia de acompañamiento a la relación de la universidad con la empresa, como es el caso de la Corporación Tecnova en Antioquia.

Las estrategias de transferencia de la I+D deben pensarse siempre en el contexto de un sistema organizado que posibilite y facilite las interacciones de los profesores investigadores y sus estudiantes con diferentes entornos empresariales, tecnológicos, sociales y financieros y dentro de un marco legal regulatorio, promovido por la universidad, que fomente la investigación articulada a la innovación.

Una manera de lograr articular la investigación y el desarrollo de las universidades con el desarrollo local externo es mediante estrategias de fomento que propicien las alianzas mediante proyectos de investigación-acción e investigación, desarrollo e innovación tecnológica en la relación universidad-empresa y universidad-sociedad. Estas estrategias se deben fundamentar en políticas muy claras de *estímulo económico* a los profesores que desarrollan proyectos de esta naturaleza y compartir con ellos otros beneficios producto del licenciamiento de propiedad intelectual mediante acuerdos de regalías con el sector externo.

El acompañamiento desde una estructura de gestión universitaria orientada estratégicamente a propiciar el acercamiento con la empresa y la sociedad mediante proyectos es un atributo necesario a la hora de interactuar con empresas y otros actores de la sociedad para impactar con la investigación con el mercado y la sociedad.

El avance en formas de protección del conocimiento y en actividades de negociación, valoración y licenciamiento del conocimiento científico y tecnológico es necesario a la hora de emprender el camino de

impacto al mercado y a la sociedad como producto de la investigación universitaria. Teniendo en cuenta las estructuras internacionales en Iberoamérica y mi experiencia en Colombia con proyectos de I+D+i con empresas y organizaciones de la sociedad, estos atributos hacen parte del día a día de una gestión estratégicamente fundamentada en el impacto de la investigación en el mercado y la sociedad.

## Referencias

- Abello R. (2004), "La universidad: Un factor clave para la innovación tecnológica empresarial", *Pensamiento y Gestión*, (16: 28-42), Barranquilla, Ediciones Uninorte.
- Abello R. (2005), "La investigación en el contexto de la aplicación: Una estrategia de plurifinanciamiento", *Catálogo de Investigaciones de la Universidad del Norte* (2003-2005: 1-5), Barranquilla, Ediciones Uninorte.
- Arbonies A. & Aldazabal J. (2005), *KFacts: Identificación y evaluación de flujos de conocimiento en las organizaciones*, MIK S. Coop.
- Arbonies A. (2006), *Conocimiento para Innovar*, s.l., Ediciones Díaz de Santos, ISBN: 84-7978-755-4.
- Colombia. Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES, 2009), *Documento Conpes 3582, Política nacional de ciencia, tecnología e innovación*, puede consultarse en [http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/635/UNIDAD\\_0/3582\\_CONPES.pdf](http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/635/UNIDAD_0/3582_CONPES.pdf)
- Colombia. Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias, 2010), *Grupos de Investigación*, Recuperado el 2012, de [http://www.colciencias.gov.co/programa\\_estrategia/grupos-de-investigaci-n-fortalecimiento-y-consolidaci-n](http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/grupos-de-investigaci-n-fortalecimiento-y-consolidaci-n)
- Colombia. Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias, 2012), *Información Doctorados en Colombia*, Recuperado el 2012, de [www.colciencias.gov.co](http://www.colciencias.gov.co)
- Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2010), "III Encuesta de Desarrollo Tecnológico e Innovación en Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología-OCyT (2010)", *Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia-2010*.

Una de las **diez**  
**mejores universidades del país**  
y la más destacada del Caribe colombiano  
según indicadores de ciencia, tecnología e innovación\*.

**UN** UNIVERSIDAD  
DEL NORTE  
100% Orgullo Caribe

### Casos exitosos de investigación



#### Concepciones del maestro sobre la ética

Una investigación realizada por la Universidad del Norte y la Fundación Promigas permitió conocer las concepciones que sobre la ética tiene el maestro, lo cual se constituye en un valioso aporte para la determinación de perfiles que permitirán analizar la incidencia de estas concepciones en la práctica docente y la calidad educativa.



#### Diseño de estructuras para el sector de la construcción

Gracias a la alianza con Uninorte, Accesco desarrolló ARQUIMET 2.0, software que, al permitir la modelación espacial de estructuras metálicas con productos de la empresa, facilita el trabajo de ingenieros civiles y arquitectos pues ofrece un mejor conocimiento y uso óptimo del acero.



#### Sedimentación en el río Magdalena

¿Cuáles son los procesos que controlan los mecanismos de sedimentación y erosión en el delta del río Magdalena? Para responder a esta pregunta, investigadores de Uninorte realizan un estudio que generará conocimiento valioso para que las autoridades tomen decisiones acertadas y oportunas en cuanto al manejo técnico y ambiental del sector de Bocas de Ceniza.

#### Mayores informes:

Dirección de Investigación, Desarrollo e Innovación  
Teléfonos: (57-5) 3509420 - 3509422 • [dip@uninorte.edu.co](mailto:dip@uninorte.edu.co)  
Barranquilla, Colombia

\*RANKING U-SAPIENS COLOMBIA 2011.

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



©Susana Carriló



Colombia. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología OCyT (2010), *Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia-2010*.

Cooke P. (2007), *Construyendo ventajas regionales a partir de los sistemas de innovación*, Valencia, España, UPV. Ciclo de Seminarios Ingenio-Fundación CPI.

Fernández I. (2012), *Las empresas no están solas*, Recuperado el 2012, de <http://www.colciencias.gov.co/noticias/las-empresas-no-est-n-solas-ignacio-fern-ndez-de-lucio>

Gibbons M. y colaboradores (1997), *La nueva producción del conocimiento: La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*, Barcelona, Ediciones Pomares-Corredor.

Lundvall B.Å. (1992), "National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning", Printer Publishers Ltd., citado en Colombia. Conpes, (2009), Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2002), *Manual de Frascati: Propuesta de norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental*, F. E. Tecnología, Ed.

Schwab K. (2011), World Economic Forum. The global competitiveness Index 2011-2012, Colongy, Switzerland.

## Bibliografía adicional

Abello R. & Baeza Y. (2003), "Gestión de la integración social de los proyectos universidad-empresas: Un estudio de caso", *Investigación y Desarrollo* (11,2: 268-283), Barranquilla, Ediciones Uninorte.

Abello R. & colaboradores (2005), *Gestión de la integración social de la investigación en IES colombianas*, Medellín, Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Abello R., Amar P. & Ramos J.L. (2002), *Innovación tecnológica en el contexto del desarrollo económico y social de las regiones*, Barranquilla, Ediciones Uninorte.

Abello R., Dacunha C. & Páez J. (1999), "Reflexiones sobre la relación Universidad-Empresa para el desarrollo tecnológico", *Ingeniería y Desarrollo*, (6: 151-166), Barranquilla, Ediciones Uninorte.

## Postgrados

### DOCTORADO EN:

- Ciencia Aplicada - SNIES 101739

### MAESTRÍA EN

- Educación Matemática - SNIES 10425

### ESPECIALIZACIONES EN:

#### MODALIDAD PRESENCIAL EN SEDE BOGOTÁ:

- Ortodoncia - SNIES 9559
- Ortopedia Maxilar - SNIES 3276
- Actuaría - SNIES 1950
- Auditoría y Control Fiscal - SNIES 54002
- Auditoría de Sistemas - SNIES 1952
- Economía Internacional - SNIES 4278
- Ingeniería de Software - SNIES 895
- Instrumentación Electrónica - SNIES 2624
- Sistemas de Información Geográfica - SNIES 54679
- Gerencia de Producción para Pymes - SNIES 54904
- Dirección de Conjuntos Instrumentales - SNIES 991

Estados vigentes por el Ministerio de Educación Nacional

#### MODALIDAD VIRTUAL EN SEDES NACIONALES:

- Administración Pública - SNIES 9874\*
- Desarrollo del Potencial Humano - SNIES 3620\*
- Finanzas - SNIES 9716\*
- Auditoría de Sistemas - SNIES 2530\*
- Computación para la Docencia - SNIES 98116\*

\*Usted requiere de un computador y conexión a internet.

#### MODALIDAD A DISTANCIA EN SEDES NACIONALES:

- Auditoría y Control Fiscal - SNIES 50191
- Economía Internacional - SNIES 10088
- Gerencia de Negocios Internacionales - SNIES 3159

\*Centros de Tutoría: Bogotá, Armenia, Bucaramanga, Buenaventura, Bogotá, Cali, Cartagena, Ciénega, Cúcuta, Orléans, Bogotá, Leticia, Manizales, Medellín, Nariño, Palmira, Pasto, Pereira, Popayán, Puerto Colombia, Quibdó, Riosucio, Roldánillo, Santa María, Tunja, Villavieja, Villavicencio.

- Diseño Mecánico - SNIES 2675
- \*Centros de Tutoría para Diseño Mecánico: Bogotá, Puerto Colombia, Nariño, Bogotá y Tunja.

Amplias facilidades de crédito directo y con Entidades Financieras.

## ¡Inscripciones Abiertas!



**UAN**  
UNIVERSIDAD  
ANTONIO NARIÑO  
TE IMPULSA

#### Informes:

Oficina Nacional de Admisiones  
Sede Federmán - Calle 58 a No. 37-94  
Teléfonos: 3152980 - 3157655  
Línea Gratuita Nacional: 018000 123 060  
E-mail: [admisiones@uan.edu.co](mailto:admisiones@uan.edu.co)  
[www.uan.edu.co](http://www.uan.edu.co)  
Bogotá - Colombia

# Los residuos agropecuarios: fuente energética para el desarrollo del agro colombiano



**FABIO E. SIERRA VARGAS**

DR.-ING. MSc. INGENIERO MECÁNICO. DOCTOR EN INGENIERÍA ENERGÍAS RENOVABLES. MAGISTER EN INGENIERÍA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL. PROFESOR ASOCIADO DE DEDICACIÓN EXCLUSIVA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. DIRECTOR GRUPO DE INVESTIGACIÓN "MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO Y GESTIÓN ENERGÉTICA" MDLYGE.

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

**CARLOS A. GUERRERO F.**

DR.-MSc. QUÍMICO. DOCTOR EN INGENIERÍA. PROFESOR ASOCIADO DE DEDICACIÓN EXCLUSIVA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. DIRECTOR DEL GRUPO "APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES" APRENA.

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

**FABIOLA MEJÍA B.**

MSc. INGENIERA MECÁNICA, HISTORIADORA. MIEMBRO DEL "GRUPO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDIOS AMBIENTALES" GEA DE LA ETITC.

[fabiolamejiab2000@yahoo.es](mailto:fabiolamejiab2000@yahoo.es)



## Introducción

Las últimas décadas se han caracterizado por la agudización de una grave problemática para los habitantes de las zonas rurales colombianas, y en general en todos los países en vías de desarrollo, reflejada en el desinterés del Estado en la promoción de inversiones para fomentar procesos productivos que eleven la calidad de vida de dichas poblaciones a través de empresas agroindustriales que faciliten su permanencia mediante la generación de empleos permanentes.

En Colombia la población dependiente del agro se estima entre el 25% y el 30% del total, es decir, cerca de 12 millones de colombianos, reconociendo que las urbes también dependen del campo. Sin embargo el peso del agro en el PIB Colombiano fue de menos del 7% en 2010, con lo que se refuta la idea de que Colombia es un país agrario, debido a que su agricultura es menos significativa que su industria, y ambas aún menos productivas que el sector minero, que es el que más pesa en el PIB.

Diversos autores han tratado el tema de la pobreza en el sector rural en Colombia y Latinoamérica relacionado con la falta de condiciones para un desarrollo local y en algunos casos el inadecuado uso de la madera, evidenciado en las bajas eficiencias de tecnologías muy rústicas, lo que genera costos elevados en su transformación (Mejía, 2011; Perfetti, 2009; Sánchez, 2008; PNUD, 2011; FAO, 2002a y 2002b)

Se evidencia que no solo es necesario mejorar la infraestructura, también es importante procurar acceso a fuentes energéticas que permitan dar valor agregado a los productos locales logrando, de esta forma, que los productos perecederos dejen de serlo por procesos industriales, facilitando su transporte y almacenamiento por periodos suficientemente largos y así comercializarlos en condiciones más ventajosas. Por lo anterior, es necesario brindar fuentes de energía si se pretende desarrollar el campo y enfrentar los nuevos tratados comerciales que viene firmando el gobierno con diferentes países.

La energía final que requieren los pobladores rurales se puede considerar como mecánica, eléctrica y térmica. Ejemplos de estas son el uso de motores eléctricos para la molienda, la refrigeración, el empaque de productos y el bombeo de agua, entre otras, o el calor requerido para la pasteurización y el secado.

El uso directo de la energía mecánica es poco utilizada en la actualidad; ejemplos de ésta son los sistemas eólicos para el bombeo de agua o la misma molienda.

Colombia se caracteriza por tener dos zonas bien diferenciadas, desde el punto de vista eléctrico. Esta es el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y la denominada Zona No Interconectada (ZNI).

El SIN está compuesto por una red alimentada con grandes centrales hidroeléctricas y con sistemas térmicos a base de gas natural y carbón; ésta es alimentada por sistemas generadores de gran capacidad y transmitida y distribuida a 500kV, 250kV, 115 kV. Cuando la energía se acerca al usuario final, se utilizan subestaciones que la transforman a bajos voltajes, llegando a los hogares a 110 ó 220 V.

Los procesos de transmisión de energía producen disipación de calor al ambiente, la cual está relacionada con la corriente que transmite, siendo ella proporcional al cuadrado de la corriente de la línea. Teniendo en cuenta que la potencia transmitida es el voltaje por la corriente, mientras más se baje el voltaje de transmisión más se incrementan las pérdidas por calor.

Lo anterior es una de las grandes dificultades para llevar la energía eléctrica al sector rural y a las ZNI, debido a que la población está muy dispersa, incrementándose los costos de instalación de las redes en comparación con la población a atender.

Una solución a este problema es el desarrollo e instalación de pequeñas plantas transformadoras y generadoras de energía térmica y eléctrica. Otro aspecto que favorece la promoción y el desarrollo de energías renovables y/o no convencionales, como son la energía solar térmica y fotovoltaica, el uso de la biomasa, la energía eólica, las pequeñas centrales hidroeléctricas, la energía de las olas, la energía de las mareas y la energía geotérmica, tiene que ver con la problemática medioambiental que generan las energías convencionales o fósiles.



Uno de los mecanismos más sencillos, y con mayor proyección, es el uso de la biomasa en sus diferentes formas. De la biomasa se pueden obtener combustibles sólidos, gaseosos y/o líquidos, tomando como fuente de éstos desde los residuos que se producen en los hogares hasta los denominados cultivos energéticos, pasando por el uso de residuos agroindustriales, material orgánico de efluentes, residuos de industrias como la del papel, etc.

## Energía y desarrollo sostenible

Por definición, el desarrollo sostenible busca la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir el confort y calidad de vida de la población, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso.

Para el caso del sector rural, se requiere adicionalmente generar unidades productivas en áreas donde no necesariamente se tienen fuentes de energía implementadas. Cuando se piensa en la tecnología a implementar desde el punto de vista del desarrollo tecnológico, lo primero a tener en cuenta es la población y cuáles son sus necesidades reales, pues la satisfacción de éstas permiten mejorar sus condiciones de vida sin afectar de manera agresiva sus tradiciones y cultura.

En Colombia conviven diferentes grupos sociales en las zonas rurales, como son las comunidades indígenas, las comunidades afrodescendientes y los campesinos, y cada una tiene diferentes necesidades; por ello, debe prevalecer el grupo social por encima del individuo como tal al momento de definir las inversiones y desarrollo previsto para cada caso. De acuerdo a las metas planteadas para mejorar un sector determinado, la tecnología seleccionada debe ser económicamente viable para que pueda considerarse, teniendo en cuenta los costos de oportunidad, los subsidios y las condiciones de financiación.

Desde el punto de vista de la legislación aplicada, debe observarse la viabilidad que tiene un proyecto. Uno de los principales factores son los beneficios tributarios que se ofrecen en el país para la importación de equipos, subsidios para el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías, subsidios para el desarrollo agrícola y agroindustrial, entre otros.

Actualmente se cuenta con una base tecnológica bastante amplia para suministrar energía a diferentes escalas, sin embargo debe tenerse en cuenta el costo que representa cada una, que depende también de la zona geográfica donde se encuentre. En zonas de alta radiación solar, se debe pensar en la instalación de equipos térmicos solares o fotovoltaicos. Para el caso de zonas netamente agrícolas sería más razonable el uso de residuos agrícolas o incluso cultivos energéticos, los cuales, de acuerdo al tipo que se tenga en la zona, se pueden utilizar en diversos procesos como son: la biodigestión, la gasificación, la pirolisis o la combustión directa. En caso que se cuente con buena velocidad de viento se pueden instalar pequeños generadores o, si es el caso, instalar sistemas de bombeo directos. Hoy en día se evalúan sistemas híbridos que permiten combinar diferentes fuentes de energía para incrementar la eficiencia del sistema.

Una vez definida la incidencia de los parámetros arriba mencionados, se evalúa la mejor tecnología a implementar para el área de estudio. Teniendo en cuenta que en el campo se requieren sistemas energéticos normalmente pequeños y aislados, sería pertinente que esa tecnología se desarrollara en el país con un respaldo permanente del Estado. En algunas ocasiones se crean serios problemas al importar tecnología que requiere un manejo muy sofisticado y, ante cualquier fallo, al no poderse solucionar éste prontamente, ésta queda abandonada, generando inconformismo y poca credibilidad de los beneficios entre los usuarios.

Un problema que agudiza la anterior situación es que en las pequeñas poblaciones no hay, en general, personal calificado para el manejo de los sistemas de transformación de energía, por lo que se debe pensar en instalar equipos que sean comprensibles para la misma población, facilitándose así su cualificación y que ellos puedan hacer las reparaciones menores necesarias; obviamente, tecnologías que requieran bajo mantenimiento serían las más adecuadas para zonas de poca población, tal es el caso de los sistemas solares fotovoltaicos, biodigestores o sistemas eólicos.

La figura 1 presenta un esquema de los elementos a tener en cuenta cuando se hace una proyección del uso de la energía teniendo en cuenta un desarrollo sostenible de la zona donde se plantea el proyecto.

Figura 1

Factores de Uso de la Energía para el Desarrollo Sostenible. Fuente: Sierra, Guerrero & Arango, 2007, adaptado por los autores.



## Fuentes de energía

Diversas formas de energía se encuentran en la naturaleza. Desde la antigüedad fueron utilizadas la madera, la energía solar térmica para secar productos cárnicos y harinas; la energía eólica para mover embarcaciones; y la hidráulica para mover pequeñas turbinas generando así trabajo mecánico, aprovechada en procesos de molienda y bombeo de agua.

Con el pasar del tiempo se encontraron otros recursos y se aprovecharon a mayor escala, teniendo en cuenta su densidad energética y la posibilidad de obtener altas temperaturas en procesos de combustión. Estos materiales son los denominados combustibles fósiles, carbón, petróleo y sus derivados y gas natural. En las últimas décadas se observó el problema ambiental que presentan los mismos, debido al efecto invernadero que generan y su disponibilidad limitada, ya que en pocas décadas estos van a agotarse, por ello son denominados Recursos Energéticos No Renovables.

Desde el punto de vista del sector rural, no se tiene fácil acceso a ellos o su transporte hasta el sitio de uso final es costoso. En muchos de los casos no se cuenta con la infraestructura necesaria para llevar estos combustibles a las zonas donde se requiere. Las fuentes renovables de energía, por el contrario, pueden utilizarse en cualquier lugar, ya que no existe ningún sitio en el planeta que no cuente, en mayor o menor medida, con alguna de ellas. La figura 2 presenta un diagrama de las fuentes energéticas y sus posibles transformaciones para el uso final.

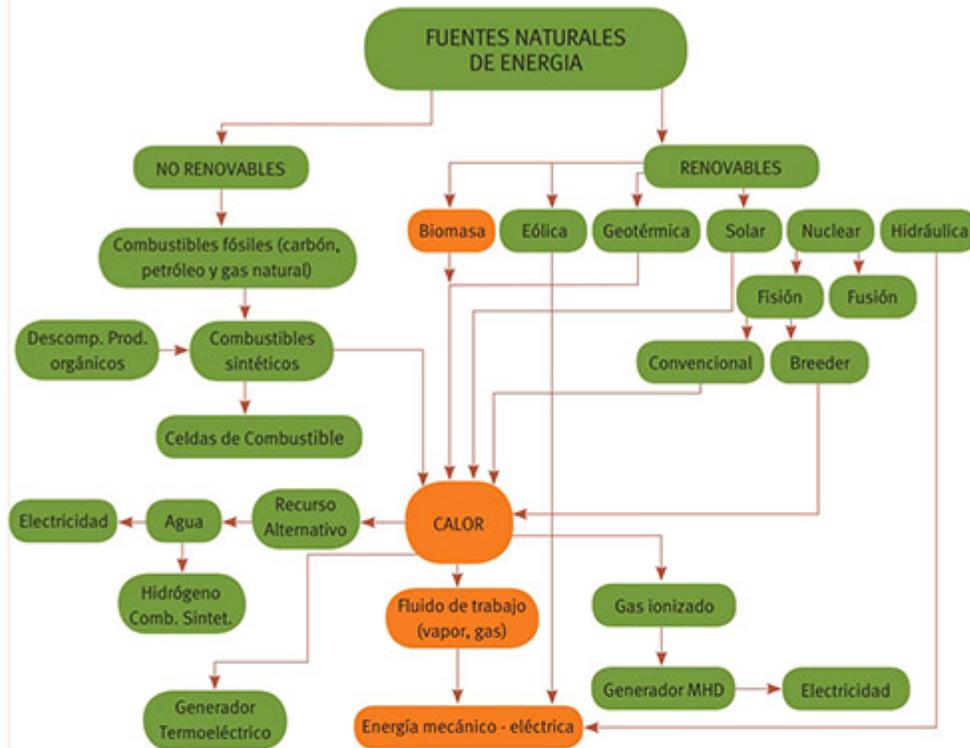


Figura 2.  
Fuentes energéticas y sus posibles transformaciones para el uso final. Fuente: Sierra, Guerrero & Arango, 2007, adaptado por los autores.

## Disponibilidad de la energía

Las energías no renovables se impusieron desde su descubrimiento, debido a su alta densidad energética y a la capacidad de almacenamiento que poseen, comparadas con las fuentes renovables.

Se ha trabajado en formas de almacenamiento de las fuentes renovables. Es así como se han diseñado y construido baterías de diferentes materiales; se ha investigado en el uso de fluidos para almacenar el calor proveniente de la energía solar; se han diseñado mecanismos para almacenar el agua y así poder combinar fuentes hidráulicas con energía del viento.

La biomasa es una de las mejores formas de almacenar energía, ya que cada cultivo, ya sea dedicado para la producción de energía o los residuos que se pueden recoger del mismo, poseen energía almacenada que luego podrá convertirse en un combustible líquido, sólido o gaseoso. Debe tenerse en cuenta que cuando no se usan los residuos agroindustriales en forma de energía, estos terminan descomponiéndose y generando contaminación a las aguas a través de la formación de lixiviados, o al aire por la formación de gas metano, el cual es un gas con coeficiente de calentamiento global bastante alto. La tabla 1 presenta la clasificación de la energía de acuerdo a su almacenamiento.

Tabla 1.

Clasificación de la energía de acuerdo a su almacenamiento.  
Fuente: Sierra, Guerrero & Arango, 2007, adaptado por los autores.

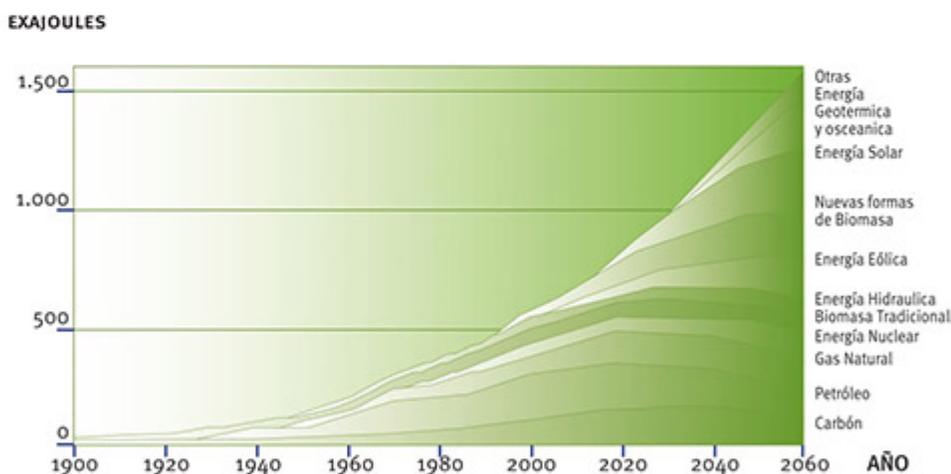
Almacenamiento ideal	Carbón
	Petróleo y gas
	Atómica
Almacenable	Solar térmica
	Geotérmica
	Biomasa
	Hidráulica
Fluctuante	Eólica
	Fotovoltaica
	Olas / Mareas

## Prospectiva de los requerimientos energéticos a nivel mundial

Como se puede observar en el estudio realizado por la organización Shell (figura 3) sobre las perspectivas de uso de energéticos a nivel mundial, cada vez van a ser mayores los requerimientos de energía para satisfacer a la población mundial. Es por ello que se hace importante tomar conciencia en la implementación de tecnologías que sustituyan los combustibles fósiles. Para el año 2060 se estima que alrededor del 70% de la energía usada en el mundo provendrá de las energías renovables; y de ésta, alrededor del 25% provendrá de la biomasa.

Figura 3.

Perspectivas de uso de energéticos a nivel mundial hasta el 2060. Fuente: Eisenbeiss, 2006, adaptado por los autores.



## Áreas requeridas según la fuente de energía

Si se observa el área requerida para producción de energía a partir de fuentes renovables, los cultivos energéticos están muy por encima de otras formas de energía, es por ello que se requiere aprovechar al máximo los residuos obtenidos de los diferentes cultivos, ya que se estaría pasando de un residuo a un subproducto. La figura 4 presenta un diagrama de las áreas, en km<sup>2</sup>/Kw, requeridas para la producción de energía eléctrica a partir de diversas fuentes.

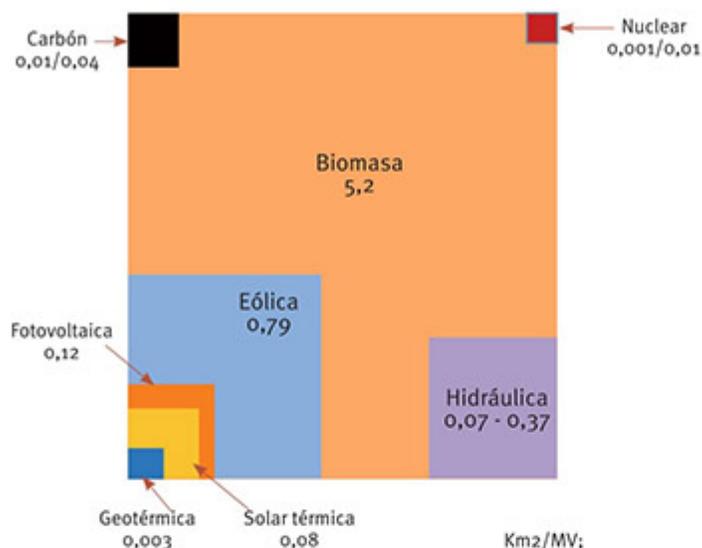


Figura 4.

Diagrama de las áreas en km<sup>2</sup>/Kw requeridas para la producción de energía eléctrica a partir de diversas fuentes. Fuente: UPME, 2010b.

Diversos estudios promovidos por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) presentan la situación en recursos, las perspectivas a futuro y los potenciales energéticos y de eficiencia para Colombia. Estos se pueden consultar en la página electrónica de la UPME ([www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co)). Tales documentos se encuentran en las referencias: UPME, 2007; UPME 2010a; UPME 2010b; Prías, 2010, UPME & Bariloche-BRP, 2007. Teniendo en cuenta la biomasa residual, los residuos que se producen y que pueden ser utilizados como fuente de energía se listan en la tabla 2. (Zapata Lesmes & Escalante Hernández, 2011).

Fuente generadora de Biomasa	Tipo de residuo
Residuos forestales	Restos de aserrín: corteza, aserrín, astillas
	Restos de ebanistería: aserrín, trozos, astillas
	Restos de plantaciones: ramas, corteza, raíces
Residuos agropecuarios	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales
	Cáscara y polvo de granos secos
	Estiércol
	Tallos, hojas, cáscaras, maleza, pastura
Residuos Agro-Industriales	Pulpa y cascara de frutas y vegetales
	Residuos de procesamiento de carnes
	Aguas de lavado de carnes y vegetales
	Grasas y aceites vegetales
Residuos urbanos	Aguas negras
	Desechos domésticos orgánicos
	Basura orgánica

Tabla 2.

Fuentes generadoras de biomasa y tipos de residuo. Fuente: Zapata & Escalante, 2011.

Actualmente, de las 114 millones de hectáreas con que cuenta el país, se considera que el 50,9% son de uso agropecuario. Diversos estudios elaborados, tanto en Colombia como a nivel latinoamericano, presentan información relacionada con la disponibilidad de tierras aptas para el posible cultivo de energéticos o de otros que permitan disponer de sus residuos como fuentes de energía (FAO 2002a; CEPAL, 2004; Restrepo, 2010. En la tabla 3 se presenta el uso dado a la tierra en Colombia actualmente.

Tabla 3.

Distribución del uso de la tierra en Colombia.

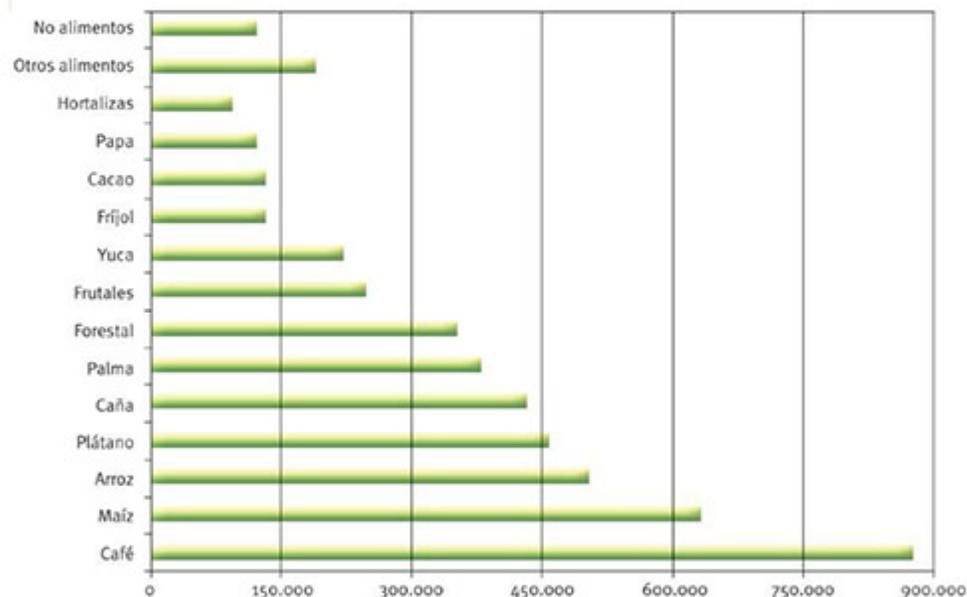
Fuente: Dirección de Política Sectorial MADR 2010.

Uso actual	Hectáreas (millones)	Distribución (%)
<b>AGROPECUARIA ESTIMADA</b>	<b>50,9</b>	<b>45 %</b>
Agrícola	3,4	3 %
Pecuaria	39,1	34 %
Bosques no colonizados	7,2	6 %
Otros usos agrícolas <sup>1</sup>	1,02	1 %
<b>NO AGROPECUARIA</b>	<b>59,6</b>	<b>52%</b>
Bosques no colonizados	45,04	39%
Otros usos <sup>2</sup>	14,6	13%
<b>MARGINALMENTE CULTIVABLE*</b>	<b>3,5</b>	<b>3%</b>
<b>TOTAL SUPERFICIE</b>	<b>114,1</b>	<b>100%</b>

Colombia se caracteriza por tener diversos climas debido a su diversa orografía; y por estar en la zona tórrida tiene la posibilidad de tener cultivos a lo largo de todo el año. Los cultivos generan residuos que varían desde el 50 al 75% de su peso original según el producto y el proceso que se le dé. En la gráfica figura 5 se presenta el cultivo actual en hectáreas (Ha) de los principales productos cultivados en el país.

Figura 5.

Hectáreas (Ha) cultivadas en Colombia de los principales productos. Fuente: Dirección de política sectorial MADR 2010.



## Biomasa residual en Colombia

En el año 2011 en Colombia, la Unidad de Planeación Minero Energética —UPME—; el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales —Ideam—; el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación —Colciencias—; y la Universidad Industrial de Santander —UIS— publicaron un estudio que presenta en detalle el potencial que se tiene en Colombia de los recursos energéticos provenientes de los residuos agropecuarios. En las figuras 6 y 7 se presenta el recurso en Hectáreas (Ha) cosechadas y el potencial energético en Terajoules (Tj), observándose la amplia distribución a lo largo del país. Cabe anotar que en este momento muy pocos de estos recursos están siendo utilizados, teniendo un amplio potencial para desarrollar tecnologías que favorezcan al sector rural, no solo para brindar energía a los hogares sino para fortalecer una política de desarrollo agroindustrial.

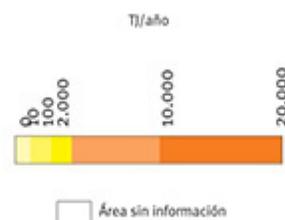
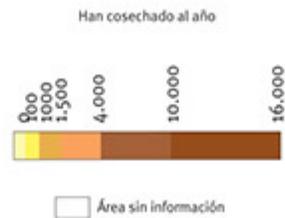
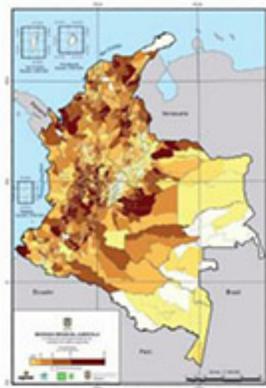


Figura 6.

Mapa de la biomasa residual agrícola en Colombia en Hectáreas (Ha). Fuente: Zapata & Escalante, 2011.

Figura 7.

Mapa de la biomasa residual agrícola en Colombia en Terajoules (Tj). Fuente: Zapata & Escalante, 2011.

De acuerdo con la información suministrada por el mismo estudio, en la tabla resumen (Tabla 4) se presentan los principales cultivos, el tipo de residuos generados y el potencial energético con que cuenta el país.

Cultivo	Producción 1 [t/año]	Tipo de residuo	Masa de residuo [t/año]	Potencial energético [Tj/año]
Palma de aceite	872.117	Cuesco	189.074	2.6237,44
		Fibra	546.381	6.778,89
		Raquis de palma	924.618	6.607,31
Caña de azúcar	2.615.251	Bagazo	7.008.873	76.871,65
		Hojas -Cogollo	8.525.718	41.707,22
Caña panelera	1.514.878	Bagazo	5.680.790	62.305,56
		Hojas -Cogollo	3.832.640	18.749,01
Café	942.327	Pulpa	2.008.192	7.206,79
		Cisco	193.460	3.338,57
		Tallos	2.849.596	38.561,52
Maíz	1.368.996	Rastrojo	1.278.642	12.573,18
		Tusa	369.629	3.845,88
		Capacho	288.858	4.383,73
Arroz	2.463.689	Tamo	5.789.669	20.699,41
		Cascarilla	492.738	7.136,53
Banano	1.878.194	Raquis de banano	1.878.194	806,31
		Vástago de banano	9.390.968	5.294,27
		Banano de rechazo	218.729	495,34
<b>TOTAL</b>	<b>14.974.807</b>		<b>71.943.813</b>	<b>331.645,71</b>

Tabla 4.

Potencial energético por producto de residuos agrícolas en Colombia. Fuente: Zapata & Escalante, 2011.



## Políticas relacionadas con el sector rural

Adicional a las fuentes energéticas, se deben considerar las políticas de gobierno para fortalecer el campo. Desde el año 2001, con la promulgación de la ley 697, se tienen herramientas para implementar el uso de energías renovables.

La Ley 697/2001 en su artículo 1° establece:

Declárese el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, para asegurar:

- El abastecimiento energético pleno y oportuno, la **competitividad de la economía colombiana**, la protección al consumidor y la **promoción del uso de energías no convencionales** de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.
- Crear **capacidades para el desarrollo tecnológico**, la innovación y la gestión del conocimiento en el sector productivo a fin de consolidar una cultura energética en el marco del desarrollo sostenible.

A su vez el Decreto 3683 de 2003 en su artículo 2 define:

Se establece que las **Fuentes No Convencionales de Energía -FNCE** son aquellas fuentes disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente. ....Se consideran fuentes no convencionales de energía, entre otras, la energía solar, energía eólica, energía geotérmica, **energía proveniente de fuentes de biomasa**, pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, energía proveniente de los océanos.

El actual gobierno en el **Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 "Prosperidad para Todos"**, establece "...reducir las desigualdades y ofrecer oportunidades a cada uno de los colombianos...". Para el actual gobierno de Colombia el sector agropecuario es considerado uno de los cinco sectores de importancia estratégica en el desarrollo económico y social (Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2011; Restrepo, 2011).

En este momento se encuentra en desarrollo el Programa "**Desarrollo de las Oportunidades de Inversión y Capitalización de los Activos de las Microempresas Rurales – Oportunidades Rurales**", financiado con un crédito externo del Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola —FIDA— por USD 32 millones para ser ejecutado entre 2007 y 2013, cuyo objetivo primordial es la *formación de productores en capacidad de producir competitivamente y articularse a los mercados*.

Con la **Ley de formalización y generación de empleo (1429 de 2010)** se promueven mecanismos para "incentivar la constitución de nuevas empresas y la generación de empleos formales en el sector agropecuario y rural". Dentro de los lineamientos de la ley se tiene el diseño y promoción de programas de microcrédito y crédito para empresas creadas por jóvenes menores de 28 años. Lo anterior muestra que se tienen herramientas para generar un desarrollo agroindustrial más sólido, pero esto implica que la población rural tenga acceso a fuentes de energía adecuadas y de bajo costo. Diversas instituciones, como son el Instituto para la Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para las ZNI, el Ministerio de Agricultura, la UPME, Colciencias, las universidades, entre otras, están adelantando programas para llevar la energía al campo.

## Conclusiones

El desarrollo agroindustrial en Colombia requiere que se implementen sistemas de energía, adicional a la infraestructura propia para llevar a los grandes centros de consumo los productos procesados, para poder consolidar condiciones de bienestar a la población rural, esto ligado a capacitación de los jóvenes y programas de financiamiento.

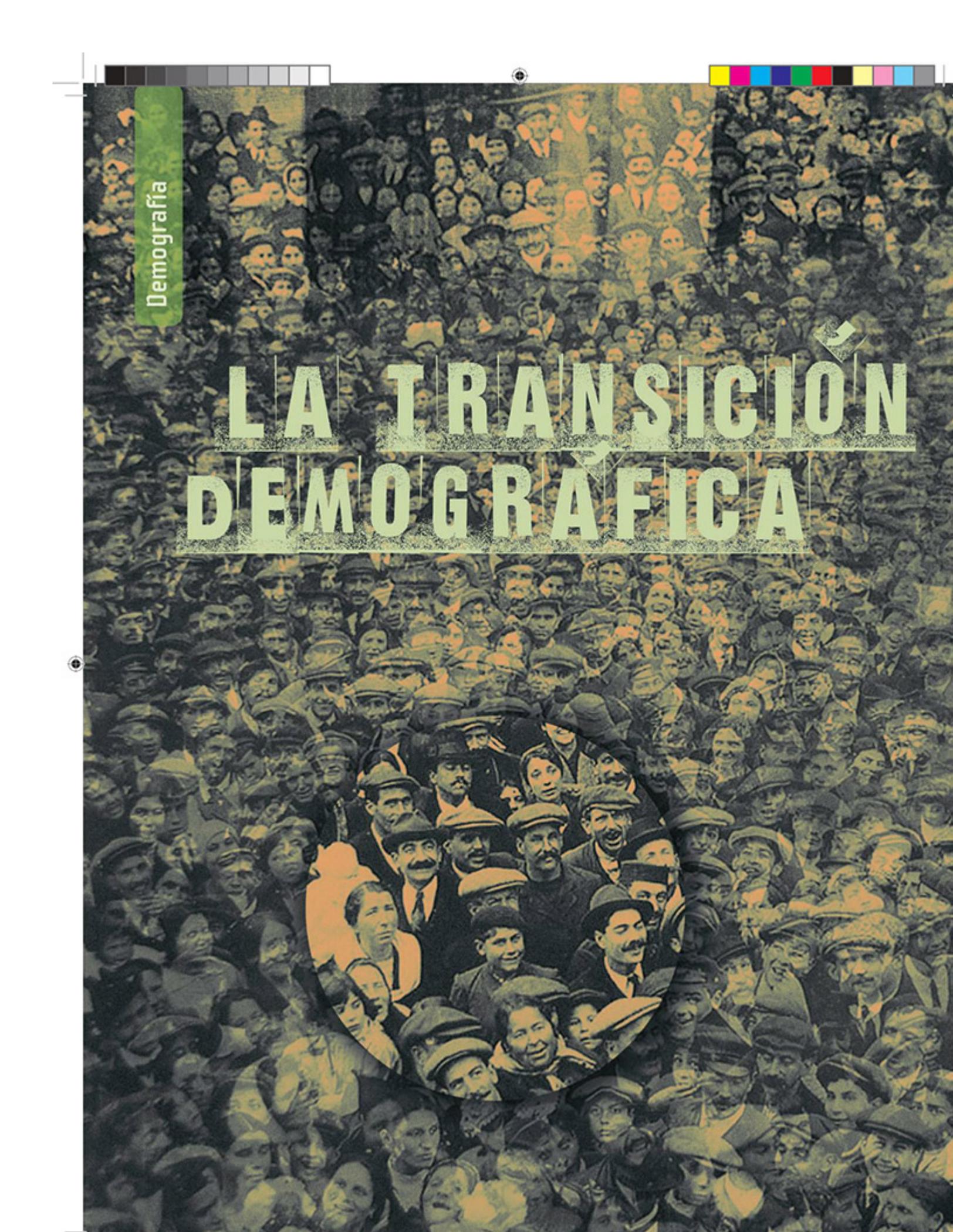
Colombia cuenta con un potencial amplio en energías renovables y en especial del uso de biomasa residual distribuida a lo largo y ancho del país, que actualmente no está siendo aprovechada.

El uso de biomasa residual como fuente de energía disminuye fuentes de contaminación a las aguas subterráneas y al aire, generando bienestar y desarrollo local.

Se cuenta con diversas tecnologías para aplicar a la transformación de residuos agropecuarios y productos útiles energéticamente convirtiéndolos en subproductos.

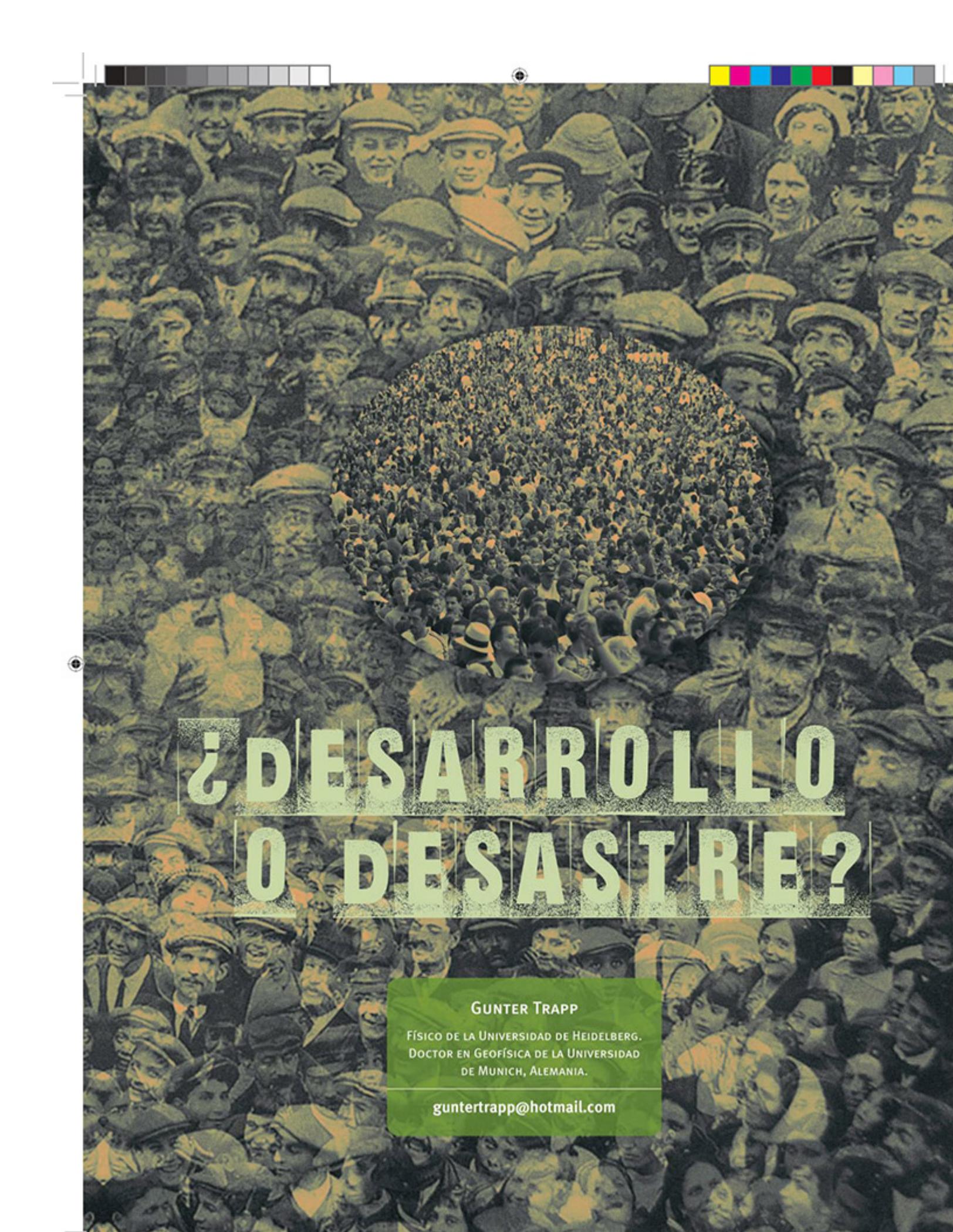
## Referencias

- Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2011), *Perspectivas agropecuarias primer semestre 2011*, recuperado el 23 de 05 de 2012 de [www.minagricultura.gov.co](http://www.minagricultura.gov.co)
- Colombia. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) & Bariloche-BRPC. (2007), *Consultoría para la formulación estratégica del plan de uso racional de energía y de fuentes no convencionales de energía 2007-2025*, Bogotá, UPME.
- Colombia. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2007), *Las fuentes no convencionales de energía*, Bogotá, UPME.
- Colombia. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2010a), *Eficiencia energética como medida de mitigación al cambio climático*, Bogotá, UPME.
- Colombia. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2010b), *Proyección de la demanda de energía en Colombia*, Bogotá, UPME.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2004), *Fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe: Situaciones y propuestas políticas*, CEPAL.
- Eisenbeiss G. (2006), "Perspektiven fuer die Welt von Morgen erneubaren Energien", *Energie*.
- Mejía F. (2011), *Implicaciones ambientales del uso de leña como combustible doméstico en la zona rural de Usme* [tesis], Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Título Magister en Medio ambiente y Desarrollo.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2002a), *Calidad y competitividad de la agroindustria rural de América Latina y el Caribe*, México, FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2002b), *Estado de la información forestal en Colombia*, Chile, FAO.
- Perfetti J. (2009), *Crisis y pobreza rural en América Latina: el caso Colombia*, Documento de trabajo N° 43, Programa Dinámicas Territoriales Rurales, Santiago de Chile.
- Prías O. (2010), *Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales: Informe final*, Bogotá, UPME.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2011), "Colombia rural, razones para la esperanza", en *Informe Nacional de Desarrollo Humano*, PNUD.
- Restrepo J. (2010), *Una política integral de tierras para Colombia*, Bogotá.
- Restrepo J. (2011), *Informe de rendición de cuentas Gestión 2010-2011*, Bogotá, Ministerio de Agricultura.
- Sánchez L. (2008), "Éxodos rurales y urbanización en Colombia", *Bitácora* (13:57-72).
- Sierra F.E., Guerrero C. & Arango J. (2007), *Tecnologías para el aprovechamiento de biocombustibles*, Bogotá, Unibiblos.
- Zapata H. & Escalante H. (2011), *Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia*, Bogotá, UPME.



Demografía

# LA TRANSICIÓN DEMOGRÁFICA

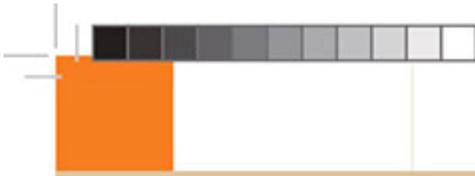


¿DESARROLLO  
O DESASTRE?

GUNTER TRAPP

FÍSICO DE LA UNIVERSIDAD DE HEIDELBERG.  
DOCTOR EN GEOFÍSICA DE LA UNIVERSIDAD  
DE MUNICH, ALEMANIA.

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



## Resumen

La transformación de sociedades primitivas en desarrolladas es considerada como el prototipo de progreso. Aparte del mayor poder sobre la naturaleza y sobre sociedades menos desarrolladas, esta transformación significa una reducción de la tasa de mortalidad y, por ende, del sufrimiento humano. En el pasado, la llamada *Transición Demográfica* ha sido el esquema que produjo esta transformación. La mayoría de los actuales países en desarrollo también están siguiendo el mismo esquema. Sin embargo, en un mundo sobrepoblado, el inevitable crecimiento demográfico que acompaña la *Transición Demográfica* se vuelve un obstáculo que impide una transformación exitosa y amenaza con reemplazarla por el colapso.

## Dinámica de poblaciones y capacidad de carga

En un ecosistema estable, cada especie mantiene su población constante, generación tras generación, en un valor que los biólogos han bautizado “capacidad de carga”. Una capacidad de carga baja significa una especie poco numerosa; una capacidad de carga alta significa una especie frecuente. Mantener constante una población significa mantener la igualdad entre sus tasas de natalidad (fertilidad) y mortalidad. Especies con alta natalidad, por ejemplo los peces (de cada desove nacen miles de alevinos) también tienen alta mortalidad (muy pocos alevinos llegan a la edad reproductiva). Las ballenas tienen sus tasas de natalidad y mortalidad bajas. El hombre, cuando forma parte de un ecosistema estable (como fue el caso en muchas tribus prehistóricas de cazadores-recolectores), no está exento de esta dinámica. Solo dos hijos (en promedio) de cada pareja llegan a la edad reproductiva, los demás caen víctimas de hambre, enfermedad o violencia.

Como sistemas altamente complejos, los ecosistemas muestran adaptabilidad a cambios en las condiciones externas, siempre que estos cambios sean lentos<sup>1</sup>, por ejemplo cambios climáticos graduales, evolución de nuevas especies o paulatinas modificaciones en su comportamiento<sup>2</sup>. Cambios rápidos en las condiciones externas destruyen la estabilidad de un ecosistema, por ejemplo la invasión de especies exóticas “exitosas”<sup>3</sup>. En estos casos la capacidad de carga de las especies sufre cambios. Hay “perdedores” para quienes la capacidad de carga, y con ella la población, disminuye (su mortalidad aumenta, pudiendo llevarla incluso a la extinción); y “ganadores” cuya capacidad de carga aumenta (su mortalidad baja) permitiendo un crecimiento de la población hasta alcanzar la nueva capacidad de carga. El concepto de capacidad de carga humana puede aplicarse a grupos locales, a países enteros (capacidad de carga nacional), a toda una región o al planeta entero (capacidad de carga global).

Un crecimiento prolongado de una población requiere un aumento prolongado de la capacidad de carga<sup>4</sup>. Cuando esta última se estanca, o queda rezagada frente al crecimiento de la población, se produce un efecto burbuja: la crecida población la erosiona, daña y reduce. La especie pasa de “ganadora” a “perdedora”: un aumento de la mortalidad, cuyas primeras víctimas son ejemplares incompetentes o mal adaptados, produce el desplome de la población (colapso de la burbuja)<sup>5</sup>. Las poblaciones humanas, hoy presentes en todos los lugares habitables del planeta, también están expuestas a esta dinámica. Cuando una población humana colapsa, las primeras víctimas son las personas físicamente, socialmente o económicamente vulnerables.

1. Lentas en comparación con el ciclo de vida de las especies más longevas.

2. Dos ejemplos: (1) La “carrera de armamentos” entre depredadores cada vez más astutos y presas cada vez más rápidas, esquivas o fértiles. (2) El paulatino reemplazo de la carroña por la cacería realizado por el hombre primitivo.

3. Las “conquistas geográficas” del hombre son ejemplos de invasión de una especie exótica exitosa.

4. Las conquistas humanas geográficas y tecnológicas durante muchas generaciones han permitido una continua expansión de la capacidad de carga, creando la (errónea) convicción de que esta expansión puede continuar indefinidamente.

5. Un ejemplo extremo es la multiplicación de una plaga en un monocultivo: La última (más numerosa) generación de la plaga destruye el monocultivo y con ello su propio futuro.

## Desarrollo demográfico

La figura 1 muestra el desarrollo de la población humana global desde sus albores. En ella se distinguen tres patrones diferentes:

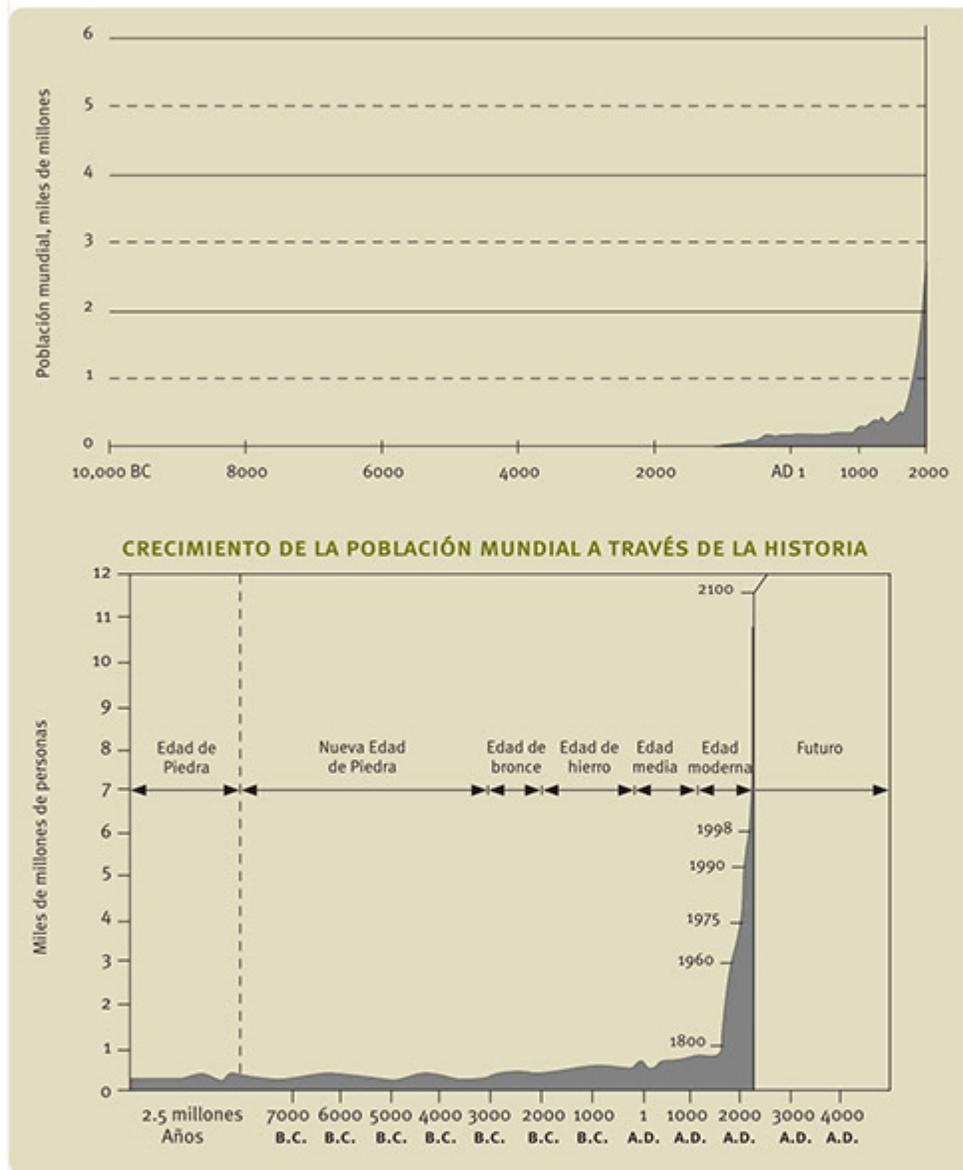


Figura 1.

Desarrollo de la población humana global.

**Patrón 1.** El primer y más prolongado patrón, ocupando más del 90% de la (pre)historia humana, corresponde a la época paleolítica cuando en las sabanas africanas surgieron las primeras especies del género Homo, que manejaban el fuego, usaban toscas herramientas de piedra y se alimentaban de plantas y carroña. Empezaban como poblaciones poco numerosas (enfrentando el riesgo de extinción<sup>6</sup>) que no alcanzaban a alterar la estabilidad ecológica de su entorno. Sufrieron los cambios climáticos asociados con las glaciaciones y reemplazaron paulatinamente el uso de carroña por la cacería. Empezaron la expansión geográfica, invadiendo nuevos ecosistemas y convirtiéndose así en especie invasora exitosa<sup>7</sup>.

6. De hecho, se extinguieron todos con una sola excepción: el Homo sapiens.

7. La extinción de las megafaunas del Pleistoceno se atribuye a la invasión de los cazadores humanos.

**Patrón 2.** El segundo patrón consiste en una serie de paulatinos aumentos de la población humana global, desde la época neolítica hasta la Edad Media. Estos aumentos corresponden a incrementos en la capacidad de carga que el hombre logró con la modificación de los ecosistemas naturales valiéndose de innovaciones tecnológicas como la domesticación de animales (donde existían especies adecuadas), la agricultura (sobre todo de gramíneas como trigo, arroz y maíz que permitían el almacenamiento de excedentes) y los asentamientos permanentes (con división de trabajo y jerarquías sociales).

**Patrón 3.** El tercer patrón, que abarca los últimos 300 años (equivalente al 0,1% de la historia humana) consiste en un dramático y acelerado crecimiento de la población global (que en la actualidad todavía continúa) resultado de una situación inestable: la reducción de la mortalidad humana sin una reducción equivalente de su natalidad. El desarrollo científico-tecnológico junto con la disponibilidad de combustibles fósiles como fuente energética ha permitido, hasta hace poco, aumentar la capacidad de carga global lo suficiente para sostener esta población creciente. Pero se está pagando un alto precio. Durante los últimos 40 años<sup>8</sup> se ha empezado a frenar este aumento y ha quedado cada vez más rezagada frente al crecimiento demográfico, como consecuencia de merma de recursos, pérdida de biodiversidad y cambio climático. Estamos viviendo un efecto burbuja.

El desarrollo global de la población humana según la figura 1 oculta importantes diferencias entre grupos locales, países y regiones: subsisten hasta el presente culturas indígenas que mantienen su población constante de acuerdo con el Patrón 1 paleolítico. Hasta el siglo XIX, el crecimiento demográfico de los países hoy desarrollados fue el mayor factor en el crecimiento global de la población humana. A partir del siglo XX este rol pasó a los países en desarrollo que actualmente imprimen su sello al crecimiento demográfico global, al tiempo que una natalidad reducida en los países desarrollados ha parado su crecimiento poblacional<sup>9</sup>. Finalmente hubo, y hay, culturas o países que, después de un periodo de crecimiento acelerado, han sido víctimas del colapso de una burbuja ante la imposibilidad tecnológica y/o ecológica de expandir (o mantener) su capacidad de carga. Ejemplos históricos de tales colapsos incluyen a los sumerios, los mayas y los polinesios de la Isla de Pascua<sup>10</sup>. Ejemplos contemporáneos constituyen el "auto-genocidio" en Rwanda (1994-1995) y la actual desintegración de Somalia. Aunque las disminuciones poblacionales de estos colapsos no han afectado la tendencia ascendente de la población global, estos casos son importantes porque ejemplifican situaciones que pueden multiplicarse en el futuro con un creciente número de "estados fallidos"<sup>11</sup>.

Foto 1.

Familia norteamericana numerosa. Hacia 1898.



8. De acuerdo con Wackernagel et al. (1995), Meadows et al. (2004) y otros, la población humana empezó a exceder la capacidad de carga global en los años 80 del siglo XX.

9. La opulencia de los países desarrollados desincentiva una alta natalidad.

10. Uno de los libros de Diamond (2005) está dedicado al análisis de este fenómeno.

11. El United States think-tank Fund for Peace publica un "Failed States Index" que incluye entre los casos de mayor riesgo un país latinoamericano: Haití.

## La Transición Demográfica

La llamada *Transición Demográfica* es una característica secuencia de cambios en las tasas de mortalidad y natalidad que se observa en el proceso de desarrollo de poblaciones humanas. Consiste en cuatro etapas según el esquema de la Figura 2.

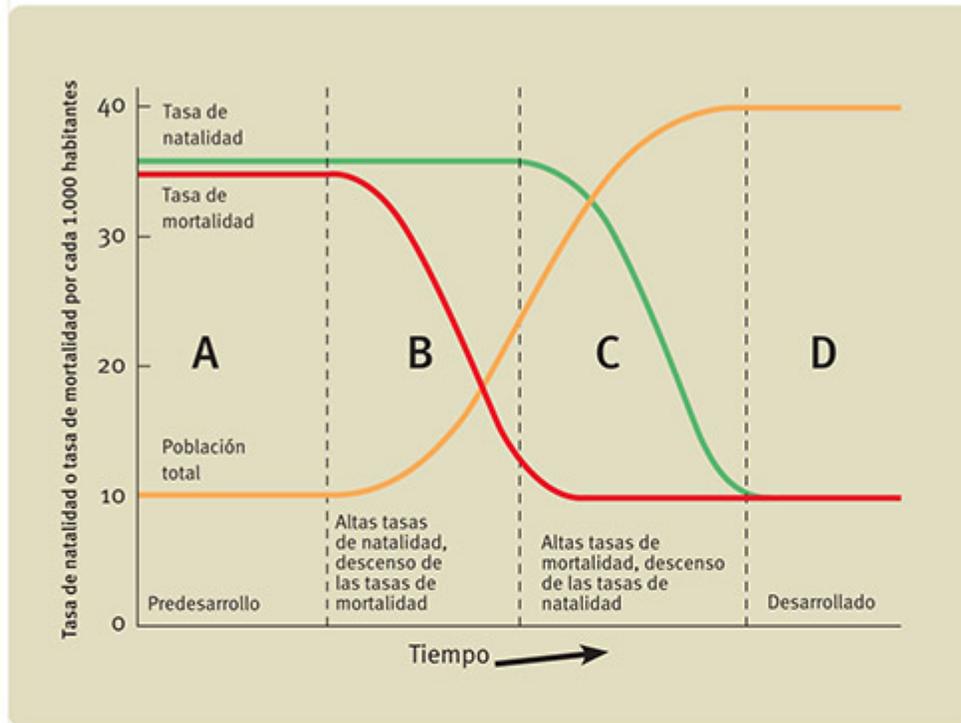


Figura 2.

La Transición Demográfica.

A. Empieza con una situación estable de tasas de natalidad y mortalidad igualmente altas. Ejemplo: un equilibrio paleolítico.

B. La situación se desestabiliza por una reducción de la tasa de mortalidad (consecuencia del desarrollo), sin una reducción simultánea de la tasa de natalidad. Resultado: crecimiento demográfico.

C. La tasa de natalidad empieza a disminuir, pero continúa superando la tasa de mortalidad (como en muchos países "en desarrollo" actuales). Resultado: continúa el crecimiento demográfico.

D. Se estabiliza la población cuando las dos tasas llegan a ser igualmente bajas, como es el caso de países "desarrollados".

Los efectos netos de este esquema son:

- El cambio intencional desde un estado estable de alta natalidad y mortalidad (indeseable) a un estado estable de baja natalidad y mortalidad (deseable).
- Un aumento poblacional (no intencional y problemático).

Es de notar que la *Transición Demográfica* según este esquema solo llega a completarse si existe (o se crea) una capacidad de carga suficiente para sostener la crecida población. Es ilustrativo el caso de Inglaterra en los siglos XVIII y XIX, donde se logró un aumento de esta capacidad mediante conquistas tecnológicas y geográficas: las conquistas tecnológicas incluían el invento de la máquina de vapor, la mecanización de la industria y el uso de la energía del carbón; las conquistas geográficas incluían el Oeste de Norteamérica a donde pudo emigrar parte del excedente poblacional. Además, un importante comercio (dentro y fuera del imperio colonial británico) permitía completar recursos. Aún así, el hambre

y la miseria de la clase obrera británica de los siglos XVIII y XIX<sup>12</sup>, analizados e interpretados (de maneras muy divergentes) por Malthus y Marx, solo se superaron con el invento de los abonos químicos que permitió cerrar la brecha entre la productividad del campo y las necesidades de la creciente población.

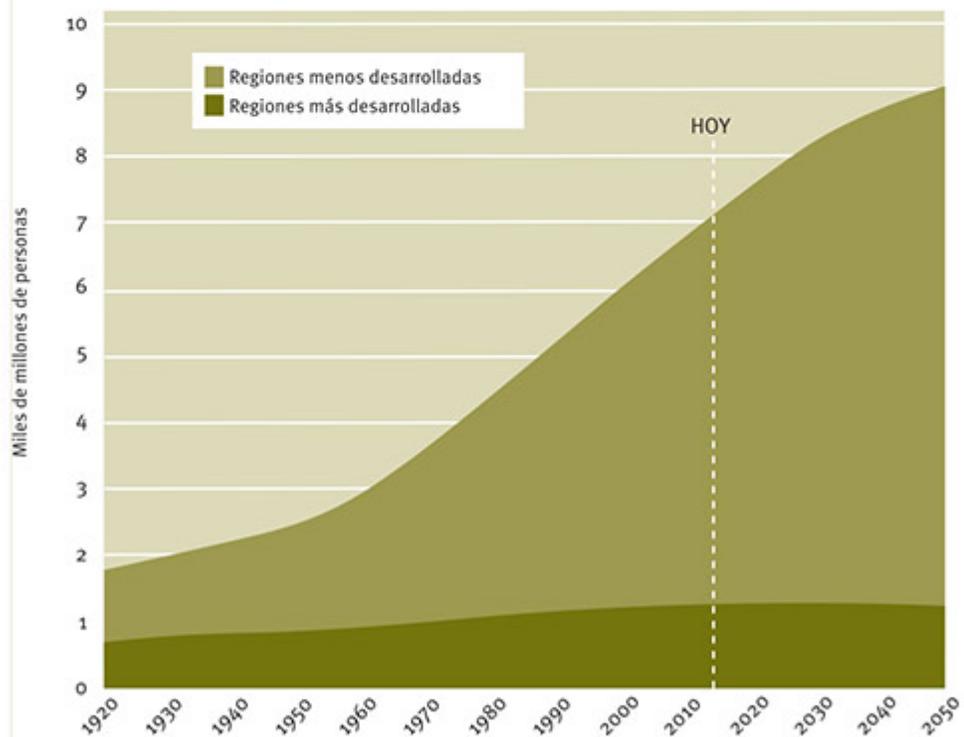
Desafortunadamente, los países que en la actualidad buscan su desarrollo siguiendo el mismo esquema de la transición demográfica, no cuentan con las ventajas del imperio británico: No son ellos quienes desarrollen tecnologías de punta o dispongan de regiones a donde puedan exportar su excedente poblacional<sup>13</sup>. Demasiadas veces, no son capaces de competir exitosamente en los mercados mundiales por los faltantes recursos alimenticios o energéticos. Una capacidad de carga insuficiente frente al crecimiento poblacional (y una ayuda internacional que no alcanza a cerrar la brecha), les cierra la posibilidad de continuar con el esquema de la *Transición Demográfica*. En vez de completar las etapas (C) y (D) del esquema, sufren el colapso de una burbuja demográfica; caen en lo que Maurice King (2011) llama la "Trampa Demográfica". Para estos países, embarcarse en la Transición Demográfica no lleva a una reducción de la mortalidad sino a su aumento, no conduce al desarrollo sino al colapso.

La alternativa para evitar la *Trampa Demográfica* consiste en una reducción de la natalidad, rápida y suficiente para equilibrarla con la mortalidad. Esta reducción ("planeación familiar") debe ser aceptada y practicada por la población y apoyada por una vigorosa política del estado. Desafortunadamente, son pocos los países que han optado por esta alternativa, siendo el ejemplo sobresaliente el de la República Popular China. La gran mayoría de los países en desarrollo siguen camino a la trampa demográfica.

## Escenarios futuros

Los escenarios que se han elaborado para el futuro desarrollo demográfico global pueden dividirse en tres categorías: un (hipotético) crecimiento perpetuo, una estabilización o un desplome.

Figura 3.  
Desarrollo de la población humana global: escenario de estabilización.



12. En Europa de los siglos XVIII y XIX, el raquitismo infantil por desnutrición crónica (falta de vitamina D) se conocía como la "enfermedad inglesa".

13. De hecho, los países desarrollados están blindándose cada vez más contra la inmigración (ilegal) procedente de países subdesarrollados.

- a. El perpetuo crecimiento se descarta porque en un planeta finito no es posible.  
 b. La estabilización (figura 3) es el escenario más aceptado en la actualidad porque evita la necesidad de enfrentar la tercera alternativa (del desplome), aunque deja sin contestar importantes preguntas:

- No indica cómo la capacidad de carga global, ya escasa en la actualidad, se podrá ampliar suficientemente para sostener la mayor población proyectada.
- No especifica si la estabilización global se basará en una estabilización generalizada de los países o será el resultado de una combinación de países que crecen y otros que colapsan.
- No especifica si la estabilización será duradera.

c. El desplome de la población humana global es un escenario cuya posibilidad se ha analizado repetidas veces durante los últimos 40 años, desde las simulaciones computarizadas del Club de Roma (Meadows *et al.*, 1972) hasta los trabajos de Paul Chefurka (2007). Ocurre cuando una parte importante de los países (incluyendo los más populosos) sufren el colapso de su burbuja demográfica, consecuencia de un crecimiento demográfico sin el necesario aumento de la capacidad de carga. Un colapso convierte la curva del desarrollo demográfico, hasta ahora ascendente, en una estrecha campana o pico (figura 4). La aparente simetría de esta campana oculta una aterradora asimetría en las consecuencias: Para quienes vivimos la parte ascendente, todo lo que nos importa crece. Para quienes les tocará vivir la parte descendente, todo lo que importa colapsa<sup>14</sup>. Desafortunadamente, la probabilidad del colapso de un número creciente de países durante el siglo XXI crece y podrá llevar a la población global a un desplome.



Figura 4.

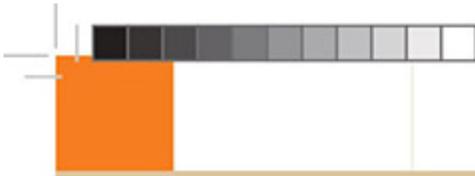
Desarrollo de la población humana global: escenario del colapso de la burbuja.

## Conclusiones

Sorprende que consideraciones como las anteriores no hayan tenido, hasta ahora, una mayor resonancia en las discusiones nacionales e internacionales sobre desarrollo, demografía y economía. Parece que existiera un tabú (vea también Hardin, 2000) que impide cuestionar la transición demográfica como esquema válido para el desarrollo de los países actuales, comparable al tabú que 40 años atrás impedía cuestionar el perpetuo crecimiento económico como base del desarrollo. En ambos casos (relacionados) se trata de la necesidad de un cambio de paradigma, resistido por la inercia de convicciones arraigadas y por intereses creados. Actualmente, quienes manejan a nivel nacional e internacional la economía y las finanzas siguen concentrándose en remediar la actual crisis con el expreso propósito de reanudar o acelerar el crecimiento. Tratan de identificar “locomotoras” (tecnologías de punta, exportaciones, consumo, etc.) capaces de devolverle a la economía mundial la dinámica de siglos pasados. Ignorando realidades ecológicas y sociales y la evidencia de los últimos 40 años, dan por sentado que la capacidad de carga global crecerá a la par con la población<sup>15</sup> y que sistemas de distribución equitativos y eficientes serán suficientes para conjurar la amenaza del colapso.

14. La biodiversidad es el otro gran perdedor del colapso: su recuperación tomará muchos millones de años.

15. “Crecerá porque debe crecer” es la misma clase de autoengaño usado por la propaganda nazi alemana durante la segunda guerra mundial: “venceremos porque debemos vencer”.



Un enfoque más cauteloso (pero más realista) concluye que no está garantizado que los mecanismos de la economía de mercado producirán el necesario aumento de una capacidad de carga ya comprometida por las limitaciones en la extracción de energía fósil, la producción de alimentos y la absorción de desechos. Concluye que, en vez de apostar a una continuación del crecimiento como base de prosperidad y progreso, los conceptos mismos de prosperidad y bienestar deben repensarse y adaptarse (vea por ejemplo Jackson, 2009) a la realidad de un mundo repleto de seres humanos. De hecho, la seguridad alimentaria y energética, como factores importantes de la capacidad de carga, ocupan hoy el primer lugar en la lista de prioridades de muchos países. La seguridad alimentaria<sup>16</sup> depende críticamente de la disponibilidad de granos como trigo, arroz y maíz, que desafortunadamente no muestra tendencia a crecer al mismo ritmo que la población. Previendo una escasez global, varios países ya han optado por adquirir grandes extensiones de terreno con vocación agrícola en el exterior (creando o agudizando problemas sociales y ambientales), un movimiento que ha sido bautizado *acaparamiento de tierra* ("land grabbing") y criticado como nuevo colonialismo<sup>17</sup>. En términos generales, se observa cómo la actual crisis debilita la solidaridad entre países<sup>18</sup> y cómo las políticas inspiradas en los derechos humanos se están reemplazando por la *Realpolitik* del poder económico, tecnológico o militar.

La *Transición Demográfica* no fue "inventada" por nadie. Es resultado de un comportamiento humano (heredado genéticamente) que busca o crea condiciones favorables a la supervivencia de su población, por lo menos en el corto plazo. Este comportamiento le ha permitido al hombre alcanzar los más altos logros culturales pero también lo ha convertido en depredador de la biósfera y en temible enemigo de poblaciones rivales. La *Transición Demográfica* ha beneficiado en su momento a la población de países que tenían (o lograron alcanzar) la capacidad de carga suficiente para sostener su creciente población. Pero este mismo crecimiento ha copado la capacidad de carga del planeta, se ha convertido en obstáculo para las actuales poblaciones en busca de los mismos beneficios y en amenaza de colapso para quienes se dejen arrastrar hacia la *Trampa Demográfica*. La alternativa es un liderazgo consciente de las consecuencias a largo plazo<sup>18</sup> que logra la adopción de una política de control de natalidad socialmente aceptada.

Dentro del contexto global, la región latinoamericana se distingue por una capacidad de carga que (todavía) no ha sido excedido por su población. Pero en su interior existen enormes diferencias que cubren toda la gama desde países con amplias reservas (por ejemplo los países amazónicos) hasta quienes ya enfrentan la realidad de la trampa demográfica (por ejemplo Haití). En su mayoría son países ricos con poblaciones pobres buscando un desarrollo que los transforme en países con poblaciones ricas (o por lo menos sin pobreza extrema). Con liderazgo apropiado y acción rápida podrían lograr este anhelo y convertirse en ejemplos mundiales de un desarrollo sin crecimiento demográfico.

## Referencias

- Chefurka P. (2007), *World energy and population, trends to 2100*, [www.paulchefurka.ca](http://www.paulchefurka.ca)
- Diamond J. (2005), *Collapse: how societies chose to fail or succeed*, New York, Penguin Group.
- Hardin G. (2000), *Living within limits: ecology, economy and population taboos*, Oxford University Press.
- Jackson T., (2009), *Prosperity without growth, economics for a finite planet*, London and Washington, Earthscan.
- King M.H. (2011), *Demographic disentanglement*, [m.h.king@leeds.ac](mailto:m.h.king@leeds.ac).
- Meadows D.M., Randers J., Meadows D.I. (2004), *Limits to growth the 30 years update*, White River Junction VT., Chelsea Green Publishing Co.
- Meadows D.M., Randers J., Meadows D.I., Behrens W.W. (1972), *The limits to growth: a report to the Club of Rome*, New York, Potomac Ass.
- Wackernagel M., Rees W.E., Testemale P. (1995), *Our ecological footprint, reducing human impact on earth*, Gabriole Island B.C., New Society Publishers.

16. Entre los pedidos de la oración del Padre Nuestro hay uno solo de índole material: el pan de cada día.

17. Este tema ha sido discutido en la Conferencia Internacional sobre Acaparamiento Territorial (International Conference on Land Grabbing) organizada por el Institute of Development Studies, University of Sussex, abril 2011.

18. La imposibilidad de un acuerdo funcional entre países para frenar las emisiones de CO<sub>2</sub> es un ejemplo de esta falta de solidaridad.



La Verdadera Alternativa de la radio en Bogotá



Disenado por Andrés Castillo



LAUD 90.4 FM Estéreo  
Emisora de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.



# Universidad de los niños

## EAFIT: conocimiento científico en circulación

### ANA CRISTINA ABAD R.

COMUNICADORA SOCIAL PERIODISTA DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA DE MEDELLÍN (1996). ESPECIALISTA EN SEMIÓTICA DE LA INTERACCIÓN COMUNICATIVA DE LA UNIVERSIDAD EAFIT (2004); MAGÍSTER DE ESTUDIOS AVANZADOS EN COMUNICACIÓN (ÉNFASIS EN COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA) DE LA UNIVERSIDAD POMPEU FABRA DE BARCELONA (2011). COORDINADORA GENERAL DE LA UNIVERSIDAD DE LOS NIÑOS EAFIT.

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





## Resumen

La Universidad de los niños es un fenómeno que nace en el continente europeo. Las instituciones de educación superior abren sus puertas para que los niños interactúen con profesores y estudiantes, y se acerquen a la investigación. Cómo se hace, y por qué, son las preguntas que busca responder este artículo a partir del caso Universidad de los niños EAFIT de Medellín, primer programa de este tipo en Colombia.

**Palabras claves** Universidad de los niños, ciencia, investigación, conocimiento científico.

## Presentación

La Universidad de los niños es un fenómeno social y educativo relativamente reciente que nace en el continente europeo, específicamente en los países de lengua germana. Las instituciones de educación superior abren sus puertas a otros públicos con el propósito de poner el conocimiento científico en circulación y posibilitar la comunicación de la ciencia desde una edad temprana. La metodología implementada permite que los niños participen de manera significativa en la vida universitaria, invitándolos a interactuar con los profesores y estudiantes, y a acercarse a la investigación producida por ellos.

No existe un modelo unificado ni una manera única de llevar a cabo una Universidad de los niños. Todas tienen diferentes formas de organización e implementación: algunas realizan conferencias, otras talleres prácticos o también pueden hacer parte de semanas intensivas y de actividades extracurriculares en la universidad.

Para entender en profundidad este fenómeno se plantean algunas preguntas básicas: ¿Qué sentido tiene un programa de esta naturaleza para niños de 7 a 12 años y jóvenes de 13 a 16 dentro del contexto universitario? ¿Qué relación pueden establecer los participantes del programa con las actividades de investigación que se desarrollan en la universidad? ¿Cómo se instaura socialmente este fenómeno?

Este artículo pretende dar respuestas a dichas preguntas, a partir del caso Universidad de los niños EAFIT de Medellín, un proyecto que inició en 2005 y que tiene como misión propiciar una relación perdurable entre niños y jóvenes de diversos orígenes sociales y los saberes investigativos y científicos que se producen en la Universidad, por medio de diversas actividades y vivencias.

## Contexto mundial

La última década ha visto el surgimiento de múltiples Universidades de los niños alrededor del mundo. En 2002 nace la primera experiencia en la Universidad Eberhard Karls de Tubingen, Alemania, con el propósito de estimular en los niños, a partir de sus propias preguntas, intereses concernientes al conocimiento científico. Luego de ser ganadora del premio Descartes de investigación, otorgado por la Unión Europea a Michael Seifert —jefe de prensa de dicha institución y organizador del programa—, esta idea fue conocida y divulgada masivamente, aún cuando otras universidades en diferentes ciudades alemanas ya realizaban este tipo de actividades.

En el año 2009 se constituye la red Europea de Universidades de los niños (EUCU.NET)<sup>1</sup>, fundada con cinco de los proyectos pioneros: la Universidad de Tubinga (Alemania), la Universidad de Basilea (Suiza), la Universidad de Bratislava (Eslovaquia), la Universidad de Estrasburgo (Francia) y la Universidad de Viena (Austria). Esta última es la que coordina la Red, a través de la oficina de los niños adscrita a la misma institución.

1. Recuperado febrero de 2012 en <http://sites.google.com/site/eucunetevents/>



EUCU.NET acoge los programas de las universidades de los niños con el objetivo de identificar los diferentes tipos de proyectos existentes, difundir las mejores prácticas, establecer criterios de calidad, generar ámbitos de comunicación y colaboración entre las universidades miembros y promover la realización de este tipo de programas en el resto de Europa y el mundo.

En la red de Universidades de los niños europea EUCU.NET, actualmente hay registrados 126 programas de esta naturaleza, divididos por continentes así: 121 en Europa, 2 en Norteamérica, 1 en África, 1 en Asia. En Latinoamérica sólo existe uno y es el de la Universidad EAFIT, en Medellín, Colombia.

## Universidad de los niños EAFIT, única registrada en Latinoamérica

La Universidad de los niños EAFIT, dependencia adscrita a la Dirección de Investigación y Docencia de esta institución educativa, es un programa que busca entablar relaciones de comunicación y apropiación del conocimiento científico, con los niños y jóvenes de la ciudad de Medellín y su área metropolitana.

Este programa en Colombia hace parte de EUCU.NET desde sus inicios y, por ello, se ha beneficiado de las discusiones y los estudios académicos relacionados con este fenómeno social y educativo en el ámbito mundial. De hecho, en 2009 se llevó a cabo un intercambio de experiencias (*Mentoring Partnership*) con la Universidad de Viena.

Ahora EUCU.NET ha trascendido sus fronteras (luego de concluir su primer proyecto financiado por la Comisión Europea de 2008 a 2010) y se transforma en parte integral y estratégica de la misión SiS Catalyst: "Los niños como agentes de cambio para la ciencia y la sociedad". Con ello llegan nuevas oportunidades para el programa.

El consorcio SiS Catalyst<sup>2</sup> (constituido por más de 30 socios y 23 asesores consejeros) se vale de la experiencia adquirida por la Red de Universidades de los niños y la expande con el propósito de unir esfuerzos llevados a cabo por diversas instituciones (museos, centros de investigación, ferias y demás intermediarios de la comunicación científica en Europa) para promover el papel protagónico de los niños y jóvenes de 7 a 14 años de edad, en la configuración del contenido de programas educativos que divulguen la ciencia en la sociedad.

2. Recuperado marzo de 2012 en <http://www.siscatalyst.eu/>



La Universidad de los niños EAFIT es una de las organizaciones consejeras de dicho proyecto. Su objetivo es apoyar el aprendizaje adquirido en el consorcio, para luego maximizar el impacto del proyecto en Latinoamérica.

## ¿Cómo se desarrolla la Universidad de los niños EAFIT?

Este proyecto ha creado una manera singular de promover las relaciones perdurables con el conocimiento científico:

A través de herramientas como el juego, las experiencias de taller, la conversación, el encuentro con profesores investigadores y las visitas a laboratorios y otros lugares de EAFIT, se ofrece a los niños un espacio para familiarizarse con la Universidad a través de alternativas pedagógicas que estimulan la curiosidad y el deseo de saber (Abad A.C., 2011:17).

Entre otros, hay tres principios fundamentales que rigen el trabajo de la Universidad de los niños EAFIT: la pregunta como impulso motivador, la conversación como base de la intención y la inclusión social (Abad A.C., 2011:21):

- Las preguntas son el motor para elaborar las diferentes actividades: poner algo en cuestión, producir interrogantes a partir de una afirmación o planteamiento, es una condición necesaria para el desarrollo de las actividades realizadas en el programa.
- La conversación, la discusión y la reflexión son estímulos motivadores para entablar la relación con las prácticas de investigación desarrolladas en la Universidad. Estas tres acciones hacen que la experiencia sea significativa en la construcción y producción de conocimiento.
- La inclusión social es el eje de la intención de este programa, al permitir que niños y jóvenes de diferentes orígenes y condiciones sociales, de colegios públicos y privados, de diferentes barrios y zonas de Medellín, de diversas culturas urbanas, puedan reunirse en torno a un mismo propósito: el conocimiento científico.



La propuesta pedagógica de este programa reconoce a niños y jóvenes como sujetos que son por naturaleza experimentadores, curiosos, activos y creativos. En ese sentido, respeta y valora la singularidad con relación a sus intereses, inclinaciones, habilidades y capacidades. En su desarrollo aspira a que pasen por varios estados de relación con el conocimiento científico que se concatenan entre sí: receptividad, actividad, hallazgo, comunicación y comprensión. Además, considera el juego como una forma de interactuar con la realidad y como uno de los modos característicos de experimentación, aprendizaje y desarrollo.

La Universidad de los niños EAFIT lleva a cabo ciclos de encuentros anuales alrededor del conocimiento científico, entre niños, jóvenes, estudiantes universitarios y profesores investigadores de esta misma institución.

Está dividida en dos etapas consecutivas: un primer año titulado *Encuentros con la pregunta* (7 a 13 años), que parte de preguntas que los niños y jóvenes se hacen sobre diversos temas de interés.

La segunda etapa se titula *Expediciones al conocimiento* (8 a 16 años) y está dirigida a niños y jóvenes que ya estuvieron en los *Encuentros con la pregunta*. Cada participante tiene la oportunidad de elegir entre cuatro rutas (Sociedad y culturas, Ingenierías, Ciencias de la naturaleza, y Economía y negocios). En ellas —durante un año— los participantes tienen la oportunidad de conocer, durante siete sesiones, a un investigador diferente cada vez, con su tema específico, su equipo, sus espacios de trabajo y realizar un ejercicio de apropiación investigativa relacionado con la pregunta trabajada.

Los niños y jóvenes pueden participar en las *Expediciones al conocimiento* por varios años consecutivos en diferentes rutas, hasta el momento en que concluyen el bachillerato.

Cada sesión tiene varios momentos: Conversaciones con el profesor, Aula viva y Taller. Se parte de la base teórica construida por un profesor investigador que entrega un documento con los conceptos fundamentales de su tema que, unidos, deben responder a la pregunta que guía cada evento. En dicho texto expone lo que investiga, su forma de hacerlo y la finalidad de lo investigado.

1. Las *conversaciones con el profesor* al inicio sitúan a los niños en el campo de investigación y contextualizan el tema de trabajo. Están encaminadas a develar la historia personal y lo que apasiona a ese sujeto que se dedica a la investigación: ¿Cómo eligió su profesión? ¿Quién o qué lo motivó? ¿Por qué decidió dedicarse a la investigación? Además, presentan la pregunta que se desarrollará en la sesión y dan un espacio para que los participantes cuenten sus conocimientos previos frente al tema. Y, finalmente, hay un abrebocas de lo que pasará en el taller.

2. Las *actividades del taller* permiten a los niños y jóvenes obtener información del mundo real o, en sintonía con las palabras de Jorge Wagensberg, conversar con la realidad (Wagensberg, 2007:50). Para esto se recurre a un ejercicio de investigación que sea afín con el tema: experimentar, entrevistar, observar, construir, someter a pruebas. Este momento se define a partir del quehacer del investigador.

3. Las *aulas vivas* tienen como propósito ofrecer a los participantes una interacción directa con el investigador en un espacio afín con su campo de investigación, en lo posible en su lugar de trabajo. A la vez tener contacto con objetos especializados que aporten sentido a las experiencias vividas relacionadas con la realidad de dicho campo. Aunque tiene similitudes, el aula viva se diferencia de una visita guiada en dos aspectos: en primer lugar no pretende abarcar todo el espacio, sino lo más relevante que este ofrezca para el tema del día. Y en segundo lugar, hay un ejercicio de interacción; el participante está llamado a la acción, a ir más allá de la simple observación de lo que hay.

“... La propuesta pedagógica de este programa reconoce a niños y jóvenes como sujetos que son por naturaleza experimentadores, curiosos, activos y creativos. En ese sentido, respeta y valora la singularidad con relación a sus intereses, inclinaciones, habilidades y capacidades...”



4. Finalmente, se realiza el último momento de *conversaciones con el profesor* que tiene el propósito de estimular el diálogo entre niños, jóvenes e investigador a partir de lo vivido en la mañana y de la puesta en común de sus resultados y hallazgos. Luego, el profesor teje conclusiones que dan respuesta a la pregunta del día y comparte experiencias personales en dicho campo de investigación, haciendo alusión al alcance de sus proyectos.

A la fecha 1.627 niños y jóvenes, entre 7 y 12 años, han participado; y continúan de manera activa cerca de 650 cada año. Proviene de 207 instituciones educativas de Medellín y el oriente cercano, 100 son públicas y 107 son privadas. En las actividades también han interactuado 57 docentes de instituciones educativas. Por su parte 80 profesores investigadores se han vinculado al programa en calidad de asesores y 227 estudiantes universitarios como talleristas.

### ¿Qué sentido tiene un programa de esta naturaleza para niños de 7 a 12 años y jóvenes de 13 a 16 dentro del contexto universitario?

Las Universidades de los niños tienen varias particularidades que las hacen complejas en su definición: no forman parte del sistema educativo reglamentario, no son programas curriculares y, por lo tanto, no requieren evaluación formal del proceso enseñanza-aprendizaje; se constituyen en el seno de las instituciones de educación superior, tienen públicos diferentes a los habituales; sus objetivos no están enmarcados en la formación; sin embargo, sus propósitos se alinean con los asuntos esenciales de todo proceso educativo.

En sí mismas, forman parte de sistemas mucho más grandes en los que cada público tiene roles diferentes. Son un enlace, un puente, entre los niños y los jóvenes, los colegios y sus familias, y la universidad. Por ello, tienen diferentes facetas y en ese sentido no hay funciones ni objetivos definidos válidos para todos los modelos existentes.

Tal y como lo dicen Patricia Götz y Michael Seifert, la única manera de dar una definición de las Universidades de los niños es describir sus características en un sentido general (Götz & Seifert, 2010:49-51). Esta es, quizás, la base para establecer un criterio y un marco para entender y profundizar sobre este fenómeno.



Bajo esta perspectiva, la carta EUCU.NET<sup>3</sup> dice que una Universidad de los niños significa y tiene sentido si logra:

- Motivar a sus participantes a ser curiosos y a tener un pensamiento crítico —las fuentes principales de la ciencia y la investigación—.
- Comunicar la idea de las universidades, así como su rol en la sociedad, y proveerles a los participantes acercamientos a la cultura académica.
- Trabajar con niños y jóvenes, como una manera de ayudar a que las universidades sean más sensibles y abiertas.
- Hacer encuentros entre niños y jóvenes y la “universidad” (como una comunidad de profesores y alumnos).
- Apasionar a niños y jóvenes con diversos campos (desde las humanidades, hasta las ciencias sociales y las ciencias naturales) y los métodos científicos desligados del interés comercial.
- Brindar a niños y jóvenes una comprensión de su futuro con posibilidades y opciones educativas.
- Dar acceso a todos los niños y los jóvenes de forma voluntaria y sin poner barreras.
- Favorecer e incluir niños y jóvenes pertenecientes a grupos sociales desfavorecidos (superando obstáculos causados por la desigualdad social, económica, de lenguaje o género).
- Proporcionar un ambiente de respeto sin presión alguna.
- Contribuir al mejoramiento de las universidades en lo concerniente al desarrollo organizacional, didáctico e investigativo.

Estos diez parámetros son la estructura que fundamenta las universidades de los niños.

## ¿Qué relación pueden establecer los participantes del programa con las actividades de investigación que se desarrollan en la universidad?

La particularidad y singularidad de la Universidad de los niños EAFIT radica en su metodología para crear y producir las actividades que llevarán a los niños y a los jóvenes al entendimiento y la apropiación de los temas de investigación de la Universidad.

Cada tema de investigación, de cualquier área del conocimiento, tiene múltiples acciones creativas que producen un producto único, exclusivo. Ese producto es puesto a prueba y a discusión en múltiples ocasiones antes de ser experimentado con los participantes.

La metodología trabajada está basada, más que en llenar de información y de datos a los niños y jóvenes, en ofrecer condiciones propicias para desarrollar y fortalecer habilidades investigativas (búsqueda, conceptualización, razonamiento, transformación) que permitan una confrontación reflexiva con la experiencia y el contexto de donde provienen.

En este sentido, las Universidades de los niños promueven una interacción entre quienes producen el conocimiento científico y los niños, a partir de diversos estímulos de los cuales los participantes pueden asimilar y seleccionar aquellos que resultan significativos para la construcción y apropiación de su propio conocimiento.

No pretendemos que ellos sean “portadores del saber”, pues es imposible que en esta “Sociedad del conocimiento” (Castells, 1996), donde cada día hay más especialización y mayor información sobre cualquier aspecto particular, nuestros participantes se conviertan en sujetos “sabelotodos”.

“  
... La particularidad y singularidad de la Universidad de los niños EAFIT radica en su metodología para crear y producir las actividades que llevarán a los niños y a los jóvenes al entendimiento y la apropiación de los temas de investigación de la Universidad...”

3. Recuperado marzo de 2012 en <http://sites.google.com/site/eucunetevents/children-s-universities/charter>

La Universidad de los niños EAFIT les ofrece un lugar donde son legítimas las preguntas, necesaria la curiosidad e indispensable la motivación hacia la consolidación de un espíritu científico en estado de movilización permanente.

Tal y como lo plantea Cyril Dworsky,

[Los niños y jóvenes participantes] ...deben experimentar que en la universidad, entre la vida estudiantil y la investigación existen las mismas cuestiones que en su vida diaria: la relevancia de experiencias previas, los principios bajo los cuales estudiantes, maestros y científicos están operando; y todos los pensamientos y emociones que deben ser tenidos en cuenta. Introducir a los niños no sólo a los hechos sino al proceso del desarrollo de la ciencia, les ayuda a ganar confianza en sus propias habilidades y a reconocer que no hay una autoridad absoluta en cuanto al conocimiento (Dworsky *et al.*, 2010:14).

Este tipo de programas parte de una concepción extensa de la noción de ciencia, donde caben las ciencias básicas, naturales, aplicadas y sociales. Con ello se busca motivar a los niños a desarrollar sus propios intereses y capacidades en una gama amplia de posibilidades académicas. De igual forma, explorar los diferentes métodos para abordar el conocimiento, diversas formas de encontrar respuestas a las preguntas que nacen al problematizar la relación con el mundo.

Finalmente, las Universidades de los niños propenden por ampliar el rango de participación y brindar acercamiento al mundo científico, sobre todo para aquellas poblaciones que están poco representadas por desventajas educativas anteriores o por su origen social o étnico, su nacionalidad, estado socioeconómico, antecedentes familiares, entre otros.

En ese sentido

...las Universidades de los niños deben despertar una chispa de interés en iniciar un proceso de aprendizaje para toda la vida que ayude a cambiar mentalidades y a estudiar, para tratar de evitar salir del sistema educativo muy temprano o por lo menos para convertirse en un ciudadano con un pensamiento crítico, estando consciente de la importancia, las oportunidades y las bondades de la investigación, la ciencia y la tecnología (Dworsky *et al.*, 2010:15).

## ¿Cómo se instauro socialmente este fenómeno?

Desde la *perspectiva social* este tipo de programas crean un vínculo, un enlace, entre los niños y jóvenes y los profesores investigadores de la universidad. Pero cada parte tiene en sí misma una estructura mucho más compleja. Así lo explica el diagrama de la figura 1.

Figura 1.

Diagrama Universidad de los niños.  
Fuente: Monitoring Children's Universities. The EUCU.NET White Book, p.48.





Este es un programa donde hay intercambio de saberes, circulación del conocimiento científico que se produce en la universidad, posibilidad de discusión frente a las investigaciones llevadas a cabo bajo realidades y contextos concretos, conocimiento de los diferentes métodos para acercarse al saber académico y científico y, finalmente, un puente entre varios actores de la sociedad en el ámbito educativo: el colegio, la universidad y el núcleo familiar.



En ese sentido, lo vivido en la Universidad de los niños impacta a la sociedad misma. Y para ello, tal y como lo plantea Felt, es esencial enseñarles a los niños la realidad del mundo académico y de la investigación: tanto la aplicabilidad y funcionalidad, como las limitaciones y la complejidad de la ciencia (Felt, 2010:39). Así, ellos podrán entender cómo apropiarse socialmente de dicho conocimiento.

El problema para las Universidades de los niños no será reparar el aparente desinterés de los niños por la ciencia. Si realmente creemos en la curiosidad y creatividad de estos niños como un recurso central para nuestras sociedades del futuro, ¿por qué no construimos colegios y universidades que no sean más máquinas de homenaje al grado? (Felt, 2010:39).

La onda de expansión de este programa apenas está gestándose. Y en esa medida, su impacto social está en proceso de ser medido y corroborado.

Finalmente, "Si las universidades escuchan las necesidades de los niños como futuros estudiantes, las Universidades de los niños podrán convertirse en incubadoras de cambio" (Dworsky *et al.*, 2010:15).

## Referencias

- Abad A.C. (Ed.) (2011), *Sin preguntas, ¿para qué respuestas? Universidad de los niños EAFIT*, Medellín: Dirección de Investigación y Docencia, Universidad EAFIT.
- Castells M. (1996), "La era de la información", *Economía, Sociedad y Cultura*, Vol.1, Madrid, Alianza Editorial.
- Dworsky C., Gary C. & Iber K. (2010), "Ideas of Children's Universities", [Ideas de las Universidades de los niños], En: *The EUCU.NET White Book: A reference guide on Children's universities*, Viena, Austria, European Children's Universities Network - EUCU.NET, (pp. 12-15).
- Felt U. (2010), "Children's universities: Science communication, role playing exercise or first step in taming process?", [Universidad de los niños: ¿comunicación de la ciencia, ejercicio de juego de roles o el primer paso en el proceso de domesticación?], En: *The EUCU.NET White Book: A reference guide on Children's universities*, Viena, Austria, European Children's Universities Network - EUCU.NET, (pp. 37-41).
- Götz P. & Seifert M. (2010), "Monitoring Children's Universities", [Haciendo un seguimiento a las Universidades de los niños], En *The EUCU.NET White Book: A reference guide on Children's universities*, Viena, Austria, European Children's Universities Network - EUCU.NET, (pp. 49-51).
- Wagensberg J. (2007), *Gozo intelectual: Teoría práctica sobre la inteligibilidad y la belleza*, Barcelona, Tusquets.

un/unimedios / comunicación estratégica / ideas para crecer

Web  
Radio  
Prensa  
Televisión  
Mercadeo  
Publicidad

UN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
UNIDAD DE MEDIOS DE COMUNICACIÓN  
UNIMEDIOS



unimedios  
unidad de medios de comunicación

# Tenemos **TODO** en comunicación



Radio



Televisión



Medios Digitales



Prensa



Comunicación Estratégica

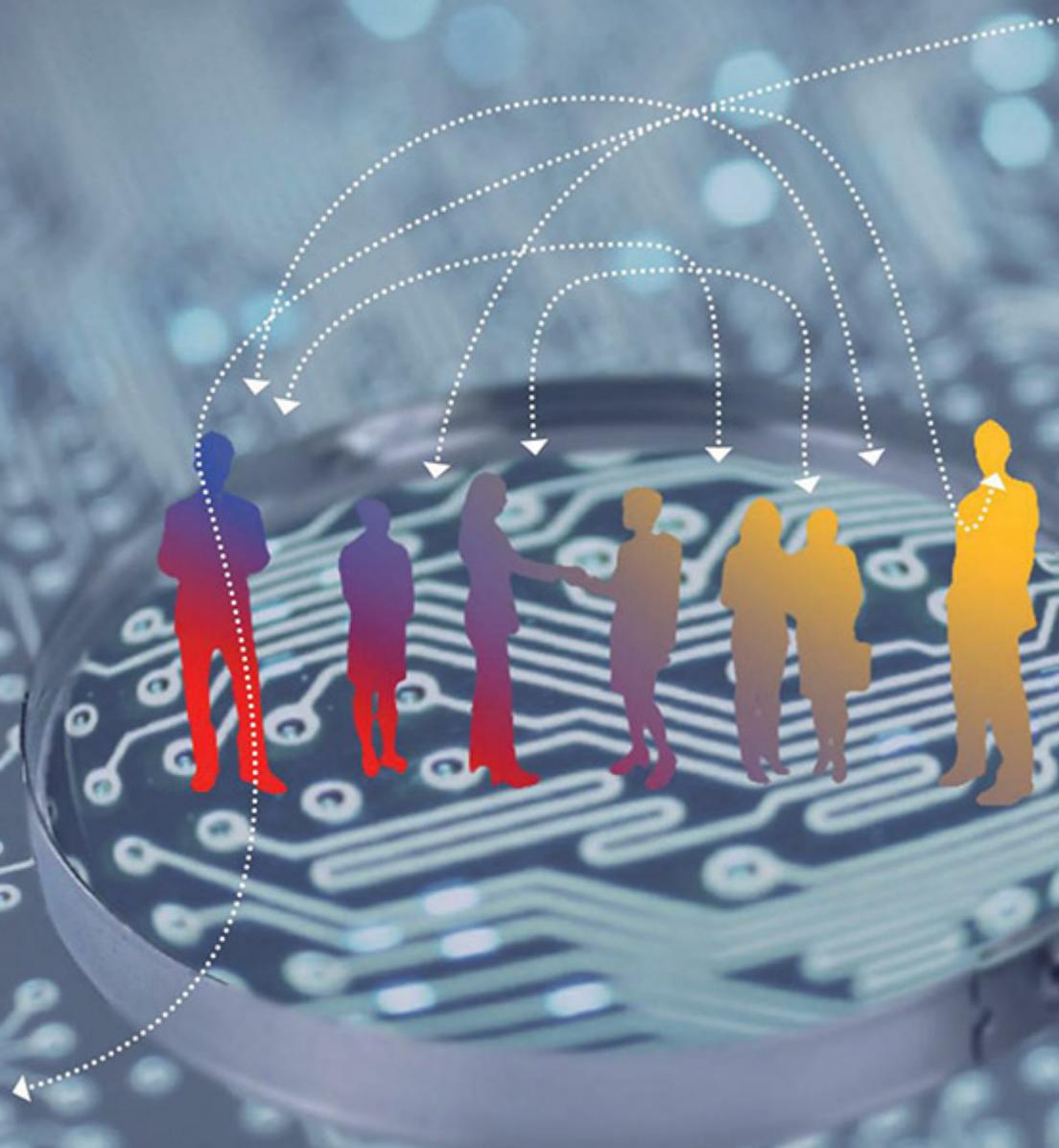
[www.unimedios.unal.edu.co](http://www.unimedios.unal.edu.co)

# PBX: 3165000

Extensiones: Dirección: 18384 - Televisión: 18359 - Radio: 18104  
Prensa: 18108 - Medios Digitales: 18280 - Comunicación Estratégica: 18341

CONTÁCTENOS:

Expertos en manejo  
de Imagen Institucional  
Organización de Eventos  
Creatividad  
Innovación  
Tecnología  
Diseño



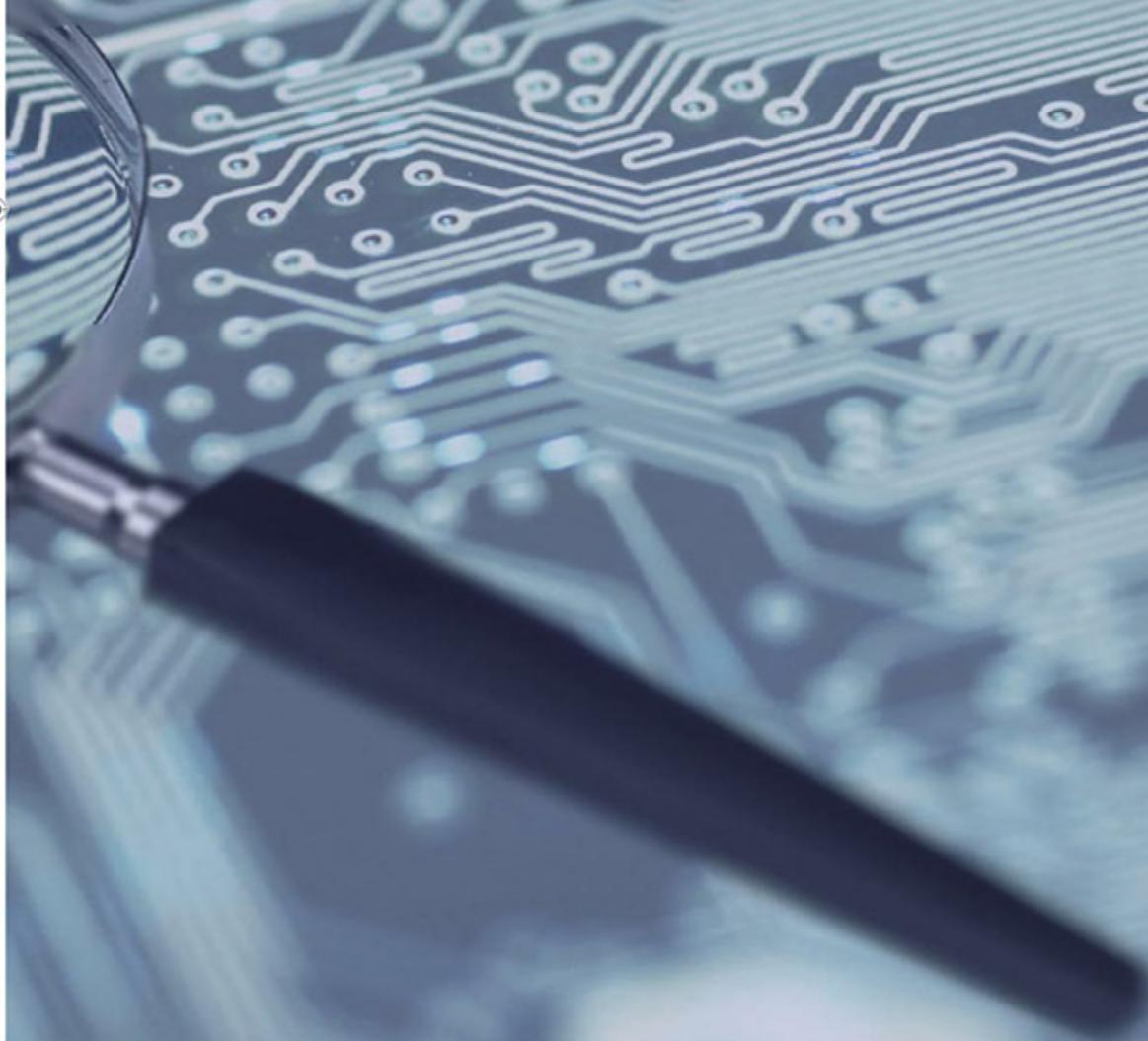
**HORACIO TORRES SÁNCHEZ**

PROFESOR TITULAR, ESPECIAL Y EMÉRITO UN TORRES, H. PROPUESTA DE CREACIÓN DE "INSTITUTOS CALDAS DE INVESTIGACIÓN EN CT+I". 1ª VERSIÓN. BOGOTÁ, UN. DICIEMBRE 2010. REVISADO FEBRERO 2011.

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



→ La innovación y la investigación  
tecnológica en Colombia:  
una oportunidad inaplazable





## La necesidad

No es posible separar la investigación de la innovación tecnológica. La innovación tecnológica lleva implícito un largo proceso de apropiación, construcción y generación de conocimiento que se conoce como investigación tecnológica. Y este proceso requiere del sustrato académico de las ciencias básicas (matemáticas, física, química, filosofía,...) que, en definitiva puede llevar a aplicaciones empresariales con registros y patentes.

No es una mera casualidad que el país ganador de la pasada Olimpiada Internacional de Matemáticas, Corea del Sur, que hace apenas cincuenta años tenía un ingreso per cápita mucho menor que casi todos los países latinoamericanos, registró 13.500 patentes internacionales en el Registro de Patentes y Marcas de Estados Unidos el año pasado, contra apenas 500 de todos los países latinoamericanos juntos (Oppenheimer, 2012).

La innovación se entiende como la transformación de una idea en un producto o equipo vendible, nuevo o mejorado; en un proceso operativo en la industria o el comercio o en una nueva metodología para la organización social. Pero la innovación cubre todas las etapas científicas, técnicas, comerciales y financieras, necesarias para el desarrollo y comercialización exitosa del nuevo o mejorado producto, proceso o servicio social.

Desde hace décadas, la investigación a nivel mundial en el mundo desarrollado ha sido impulsada de forma significativa, convirtiendo en garantes a la educación y la investigación tecnológica. En Colombia tenemos hoy la oportunidad de crear espacios fortalezcan escenarios educativos y de investigación, a través de nuevas formas de organización y de financiación, en los cuales la universidad, el estado y la empresa sean actores comprometidos e integrados. El Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 tiene en la Innovación una de las cinco "locomotoras" sectoriales, siendo reconocida como el mecanismo óptimo para garantizar la sostenibilidad del crecimiento y, en un sentido más amplio, la competitividad del país en el largo plazo. Esto será posible si y solo si está acompañada de la investigación tecnológica.

El acto legislativo 05 del 18 de Julio de 2011, "Por el cual se constituye el Sistema General de Regalías", estableció que el 10% de las regalías por concepto de la explotación de recursos no renovables del nuevo Sistema General de Regalías (SGR) se destinarán al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación CT+I. Este fondo recibirá en promedio cerca de 900 mil millones de pesos colombianos al año para la financiación de programas y proyectos colaborativos en CT+I que tengan un alto impacto sobre el desarrollo regional, generen capacidades de largo plazo y sean resultado de alianzas y trabajo conjuntos entre actores del nivel territorial.

La Estrategia Nacional de Innovación (ENI), planteada por el Departamento Nacional de Planeación, se fundamenta en la Innovación Empresarial, el fortalecimiento de la Ciencia y la Tecnología y la articulación y orientación de los programas de formación del recurso humano hacia la innovación, la creatividad y la investigación. En definitiva, se busca lograr la tan anhelada y aun no encontrada relación Empresa-Universidad-Estado. El reto es la creación de mecanismos para la financiación de la innovación y la investigación tecnológica, que permita abordarla de manera sistémica. Lo anterior, según la ENI, se justifica en que sus resultados son mucho más que la suma de instrumentos y mecanismos, así que depende de la articulación institucional entre entidades para de esta forma especializar los recursos y atender las necesidades tecnológicas de las empresas según su tamaño y ciclo de vida con una oferta de instrumentos diferenciados.



“...No es posible separar la investigación de la innovación tecnológica. La innovación tecnológica lleva implícito un largo proceso de apropiación, construcción y generación de conocimiento que se conoce como investigación tecnológica. Y este proceso requiere del sustrato académico de las ciencias básicas (matemáticas, física, química, filosofía,...) que, en definitiva puede llevar a aplicaciones empresariales con registros y patentes...”

La relación Empresa-Universidad-Estado en los países desarrollados no se dio al azar, o por las fuerzas del mercado solamente. En muchos de ellos hubo una acción deliberada del Estado, como asunto de política con el fin de promover una relación mutuamente benéfica entre los centros de investigación (usualmente las universidades) y las empresas privadas (y públicas) en muchas ramas de la economía. En el caso de América Latina, estos vínculos han sido, en general, débiles y en muchos casos inexistentes (CEPAL, 2009).

Se requieren, entonces, propuestas de impacto nacional que permitan avanzar en la necesaria alianza Empresa-Universidad-Estado, de tal manera que los avances de la academia en CT+i lleguen a la empresa para un necesario desarrollo armónico del país.

Para llevar a cabo la necesaria relación Empresa-Universidad-Estado se requiere, además del incremento en recursos humanos para investigación, la creación de una infraestructura adecuada capaz de albergar científicos y equipos interdisciplinarios que permitan desarrollar CT+i. La infraestructura que se propone en este artículo es la creación a nivel nacional de lo que se podrían denominar *Institutos Caldas de Investigación Interdisciplinaria en CT+i*, en homenaje al sabio Caldas. Esta propuesta es una alianza Universidad-Empresa-Estado como medio para promover proyectos de investigación aplicada, enfocados a atender necesidades reales productivas y sociales.

No es simplemente fortalecer los procesos de investigación e innovación tecnológica, sino de crear escenarios de generación de oportunidades pertinentes de investigación que generen a su vez nuevas tecnologías, procesos nuevos y finalmente nuevos productos. De esta forma, la investigación, en el marco de una política pública de Ciencia, Tecnología e Innovación, fortalecida por la inclusión irrestricta de varios actores, hasta ahora al margen en muchos casos como la empresa, confluirían en nodos en los cuales los recursos de los sectores educación, estado y empresa se fundirían en iniciativas que impulsarían diferentes modelos de fortalecimiento de la investigación y la transferencia de tecnología.

Este esquema de fortalecimiento tripartito, el cual se extendería por toda la nación, dentro del marco de una política pública nacional y regional, abriría los



“...Existe la necesidad de fortalecer algunos puntos importantes, que requieren atención de forma clara. Por ejemplo, fortalecer la interlocución entre los investigadores y cuerpos académicos con otras instancias (Empresa y Estado); la necesaria articulación de los actores y los recursos para la investigación; el fortalecimiento de la vinculación de los cuerpos académicos y de sus proyectos de investigación con el desarrollo económico y social, regional y nacional; y por último, es importante terminar con la separación presente entre las actividades educativas y de investigación...”

horizontes del uso de diferentes recursos y formas de financiación que potenciarían a los tres actores de esta puesta en escena.

Además de ello, existe la necesidad de fortalecer algunos puntos importantes, que requieren atención de forma clara. Por ejemplo, fortalecer la interlocución entre los investigadores y cuerpos académicos con otras instancias (Empresa y Estado); la necesaria articulación de los actores y los recursos para la investigación; el fortalecimiento de la vinculación de los cuerpos académicos y de sus proyectos de investigación con el desarrollo económico y social, regional y nacional; y por último, es importante terminar con la separación presente entre las actividades educativas y de investigación, vinculando las líneas y proyectos de investigación, y los distintos sectores sociales, creando mecanismos de vinculación de las universidades con su entorno, como parte de la responsabilidad social de las mismas.

## La oportunidad

Existe una gran oportunidad para la investigación científica y tecnológica en Colombia con la propuesta del Consejo Asesor de Regalías (Acuerdo 029 de 2010) de financiar proyectos de inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación (CT+i) con recursos disponibles en el Fondo Nacional de Regalías. Colciencias, como entidad rectora del sector de CT+i, será la encargada de viabilizar estos proyectos previa presentación para aprobación por parte del Consejo Asesor de Regalías. Siempre y cuando este Consejo sea liderado por Colciencias como bien lo ha señalado recientemente la comunidad académica nacional a través de cartas de investigadores y de asociaciones como la ACAC y la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales al señor Presidente de la República.

Se financiarán proyectos de investigación básica aplicada y de desarrollo experimental, así como proyectos de innovación tecnológica y social. Igualmente, se apoyaría la creación y el fortalecimiento de unidades regionales de investigación, tales como centros de investigación y desarrollo tecnológico,

Nos emociona  
cuando lo que  
llevamos  
emociona

[www.4-72.com.co](http://www.4-72.com.co)

472  
¡Es tu correo!

parques científicos y tecnológicos e incubadoras de base tecnológica, entre otros; y programas regionales de formación de talento humano para la investigación, la innovación y la gestión de la CT+i.

Las organizaciones científicas colombianas podrían contar con recursos para la realización de investigaciones en áreas de especial interés. Colciencias evaluaría y otorgaría estos recursos, que estarían destinados a financiar instalaciones universitarias donde científicos realizarían investigaciones interdisciplinarias exigentes y de larga duración. El financiamiento debería extenderse mínimo por doce años y provendría tanto del gobierno central como de las entidades distritales y de empresas públicas o privadas interesadas en el proyecto.

Así se aseguraría la investigación interdisciplinaria entre las universidades a largo plazo y se promovería a científicos noveles. Debe existir un estricto proceso de selección y evaluación. Estos proyectos serían considerados una verdadera marca de calidad para las universidades en integración con empresas. Los proyectos aceptados pueden ser de gran diversidad, desde áreas de humanidades o matemáticas hasta aplicaciones en ingeniería.

Los *Institutos Caldas de Investigación Interdisciplinaria en CT+i* pueden incluir en su trabajo investigativo a instituciones extra universitarias y también a instituciones económicas e industriales. Además deberán mantener relaciones científicas con otras instituciones dedicadas a la investigación y con investigadores en el extranjero.

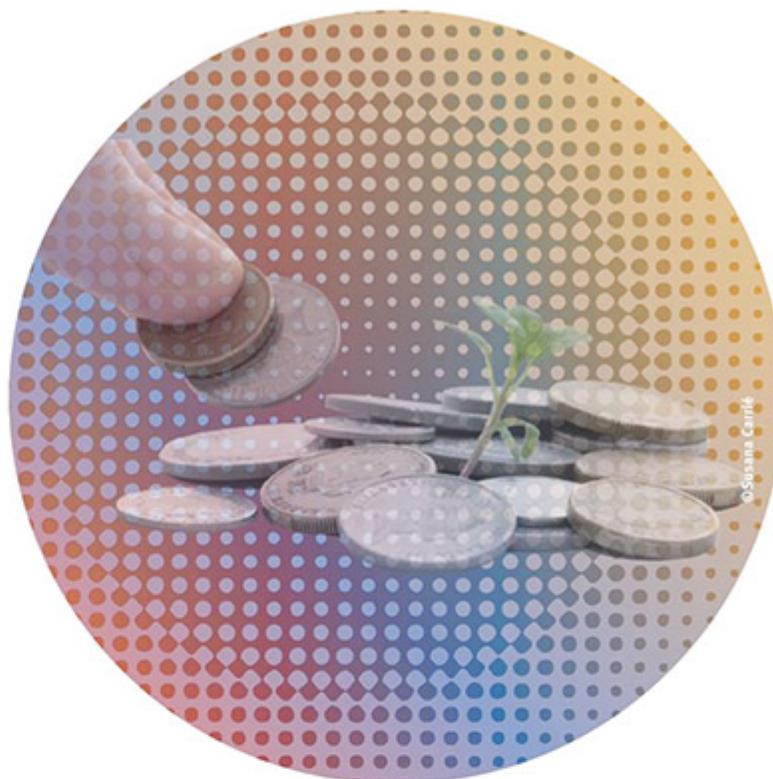
## Un ejemplo

El modelo de los institutos Fraunhofer (Fraunhofer-Gesellschaft) de Alemania puede servir de referencia. Estos han existido desde 1973 y han conducido al crecimiento de la sociedad. Bajo este modelo, la sociedad de Fraunhofer gana cerca del 60% de su renta a través de contratos con industria o proyectos específicos del gobierno. El otro 40% del presupuesto es financiación en la proporción 9:1 de concesiones federales y del estado y se utiliza para apoyar la investigación preparatoria (Mina *et al.*, 2009).

Así, el tamaño del presupuesto de la sociedad depende en gran parte de su éxito en rédito de maximización de las comisiones. Este modelo de financiamiento se aplica no solo a la sociedad central Fraunhofer, sino también a los institutos individuales. Esto sirve a ambos para conducir la realización de la dirección estratégica de la sociedad de Fraunhofer de hacer sentir bien a un líder en la investigación aplicada, así como para animar a un acercamiento flexible, autónomo y emprendedor a las prioridades de la investigación de la sociedad.

Fraunhofer es la organización de investigación aplicada más grande de Europa. Los esfuerzos de la investigación se engranan totalmente a las necesidades de la gente: salud, seguridad, comunicación, energía, movilidad y medio ambiente. Consecuentemente, el trabajo emprendido por los investigadores tiene un impacto significativo en la vida de la gente: son creativos; forman tecnología; diseñan productos; mejoran métodos y técnicas.





## Un camino

La ley 1286 de 2009 de Ciencia y Tecnología ha creado el Fondo Francisco José de Caldas, como un fondo especial que se manejará como un patrimonio autónomo administrado por Colciencias mediante un contrato de fiducia mercantil.

Con este Fondo se pueden financiar programas, proyectos y actividades de ciencia, tecnología e innovación, e invertir en Fondos de Capital de Riesgo u otros instrumentos financieros, para el apoyo a programas, proyectos y actividades de ciencia, tecnología e innovación.

“...El Fondo hará más fácil la financiación de investigación e innovación mediante la articulación de recursos internacionales, públicos y privados. Ya que la ejecución de recursos es mucho más eficiente y le es posible realizar inversiones en proyectos de alta rentabilidad, el Fondo constituye una herramienta importante en el apalancamiento de los *Institutos Caldas de Investigación Interdisciplinaria en CT+i* con recursos privados en ciencia, tecnología e innovación...”

El Fondo hará más fácil la financiación de investigación e innovación mediante la articulación de recursos internacionales, públicos y privados. Ya que la ejecución de recursos es mucho más eficiente y le es posible realizar inversiones en proyectos de alta rentabilidad, el Fondo constituye una herramienta importante en el apalancamiento de los *Institutos Caldas de Investigación Interdisciplinaria en CT+i* con recursos privados en ciencia, tecnología e innovación.

Esta propuesta requiere repensar la universidad colombiana actual, la cual se basa en una reforma llevada a cabo en la década de los años 60 en toda Latinoamérica, hace más de medio siglo, y que en Colombia fue implementada y conocida en la Universidad Nacional como Reforma Patiño.

Si bien esta reforma, acatada por el resto de universidades colombianas, dio un giro fundamental respecto a la actividad de investigación y la creación de nuevas Facultades disciplinares, hoy en día se requiere una nueva visión, pues la investigación no pertenece a una Facultad sino a un Área. La investigación en energía, por ejemplo, implica una mirada desde la ingeniería, la economía, las ciencias básicas y aún desde las ciencias sociales. Y una universidad acorde con las nuevas condiciones debe estar basada en Institutos de Investigación y no en Facultades profesionales o disciplinares.

## Referencias

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2009), La educación superior y el desarrollo económico en América Latina, Serie Estudios y perspectivas (Enero: 106), México.

Mina A., Connell D., & Hughes A. (2009), "Models of technology development in intermediate research organizations", *Working Paper*, (396, Diciembre), University of Cambridge, Centre for Business Research.

Oppenheimer A. (2012), artículo de prensa, *El Nuevo Herald*, /2012/07/21.



ESCUOLA  
COLOMBIANA  
DE INGENIERÍA  
JULIO GARAVITO

## Un futuro mejor para el profesional de hoy

### Especializaciones

Especialización	Inscripciones desde
• Gestión Integrada QHSE SNEIS-19205	1° de agosto
• Economía para Ingenieros SNEIS-11696	1° de septiembre
• Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos SNEIS-8501	17 de septiembre
• Telemática Aplicada a Negocios SNEIS-14842	1° de octubre
• Diseño, Construcción y Conservación de Vías SNEIS-8503	11 de octubre
• Ingeniería de Fundaciones SNEIS-52304	11 de octubre
• Saneamiento Ambiental SNEIS-4826	11 de octubre
• Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente SNEIS-4654	11 de octubre
• Estructuras SNEIS-2973	11 de octubre
• Gerencia de Producción Industrial SNEIS-52800	6 de noviembre

Título: Especialista

Personería Jurídica 086 de enero 13 de 1973.  
Institución sujeta a inspección y vigilancia por el Ministerio de Educación Nacional.

### Maestrías

Maestría	Inscripciones desde
• Ingeniería Electrónica SNEIS-101379	24 de septiembre
• Gestión de Información SNEIS-91269	1° de octubre
• Ingeniería Civil SNEIS-53118	11 de octubre
• Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos SNEIS-101339	marzo de 2013

Título: Magister

### Educación Continuada

Programas de formación, capacitación y actualización enfocados al desarrollo profesional y personal, en áreas de Ingeniería, Gerencia, Calidad, Sostenibilidad, Medio Ambiente, Administración, Logística, Finanzas, Estadística, TICs, Infraestructura, entre otras, así como servicios de capacitación a las empresas privadas y públicas a nivel global.



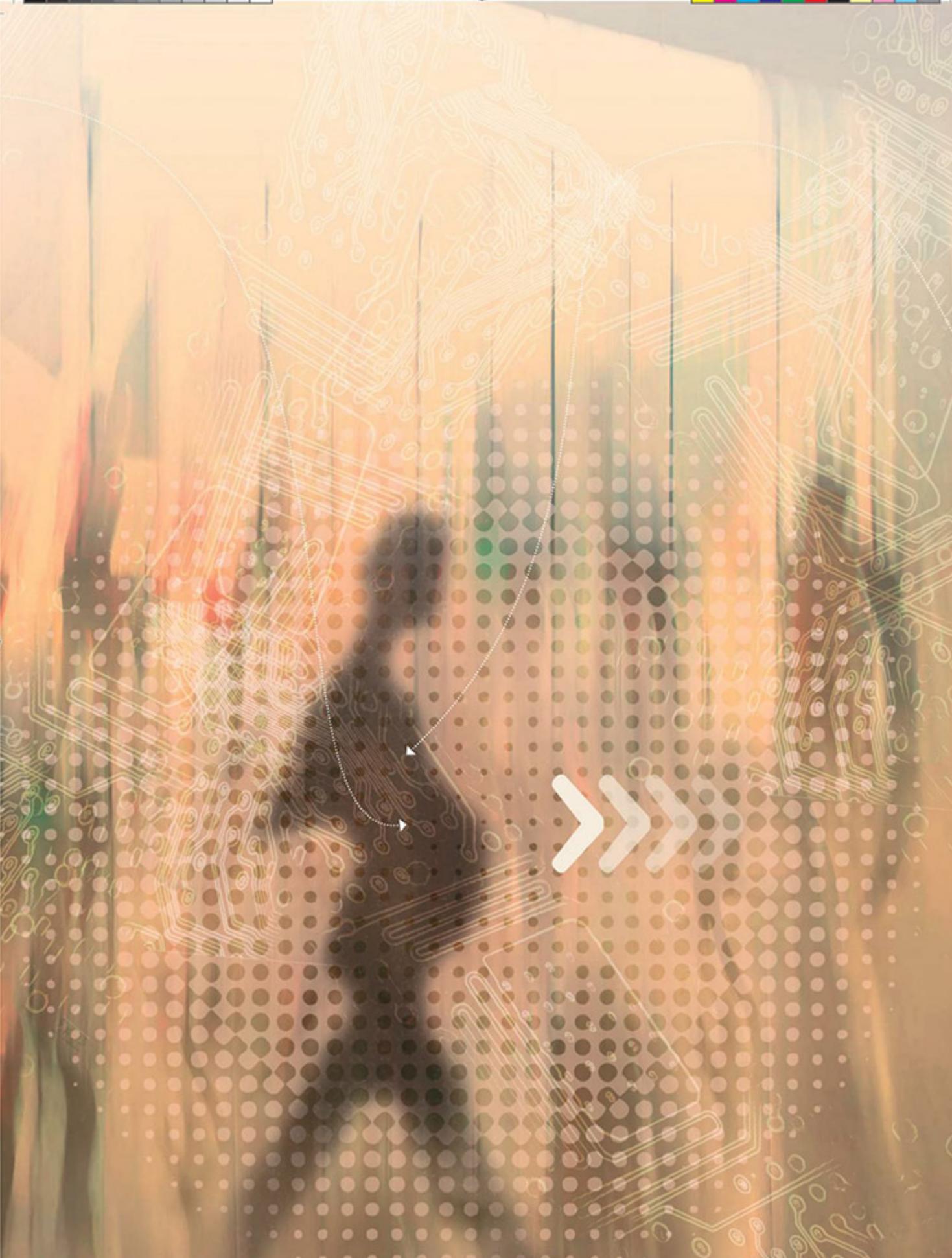
Ciencia, tecnología y sociedad 2012

# <Innovación y desarrollo tecnológico con función social>

ALBERTO OSPINA T.

ING. MS, MIT, FUNDADOR  
Y PRIMER DIRECTOR DE COLCIENCIAS.

[aospinat@supercabletv.net.co](mailto:aospinat@supercabletv.net.co)





La innovación y el cambio técnico abren el camino al desarrollo económico; pero sólo bajo la orientación de políticas y estrategias socialmente inspiradas es posible alcanzar también la felicidad y el bienestar social de la población, fines primordiales de toda política de Estado. El progreso técnico es hijo de la educación y del desarrollo científico-tecnológico; la innovación es hija de la imaginación, del espíritu creador y del emprendimiento. Ambos deben crecer en un ambiente de políticas claras de desarrollo con función social; desarrollo, no solo para el crecimiento económico, sino también para resolver los problemas cruciales de nuestra sociedad, tanto los que se oponen al progreso como, muy especialmente, los que son creados por la inequidad, la pobreza y la exclusión social.

En este contexto, conviene examinar y tener claros los conceptos relativos al poder del conocimiento, el capital intelectual, el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, y su impacto en la sociedad. Es preciso conocer la forma de avanzar en estos campos, como lo han hecho otras sociedades: creando cultura científica, fomentando el espíritu de innovación, y utilizando las aplicaciones del conocimiento para el crecimiento económico y el bienestar social. En un trabajo presentado en la Universidad EAFIT, sede de Bogotá, titulado "El poder del conocimiento", se hicieron algunas consideraciones que ayudan a este examen.

## El poder del conocimiento

El conocimiento es un factor diferenciador entre sabiduría e ignorancia, entre prosperidad y pobreza, entre bienestar y penuria. El conocimiento y la información, según Thomas Steward, "son las armas termonucleares de nuestro tiempo"; el capital intelectual es la nueva riqueza de las organizaciones y de las naciones; los activos de conocimiento y capital intelectual son más importantes que los activos físicos y financieros de las empresas o los países. Ya lo había dicho en otras palabras el profesor de MIT,

Robert Solow, Premio Nobel de Economía: el conocimiento técnico, ese que se pone en los bienes y servicios que producimos, utilizamos, vendemos o compramos, es el factor de producción predominante, por encima de la mano de obra, el capital financiero y los recursos de la tierra<sup>3</sup>.

Estos conceptos y sus aplicaciones han dado nacimiento a un nuevo paradigma técnico-económico: la economía del conocimiento y la formación de una sociedad postmoderna llamada igualmente *sociedad del conocimiento*. Esta es una sociedad en donde la producción, el crecimiento económico y la riqueza de las naciones están basados principalmente en el capital intelectual y en las aplicaciones socio-económicas de los resultados de la ciencia, la tecnología y la innovación. El éxito de las políticas y la acción del Estado radicará en la forma como tal crecimiento y riqueza cumplan una función social.

En esta nueva era el rey es el conocimiento; ya no tienen tanta preponderancia en el crecimiento económico, como sí la tenían en la primera mitad del siglo pasado, los recursos naturales, la extensión de la tierra, los activos físicos, o los bienes de

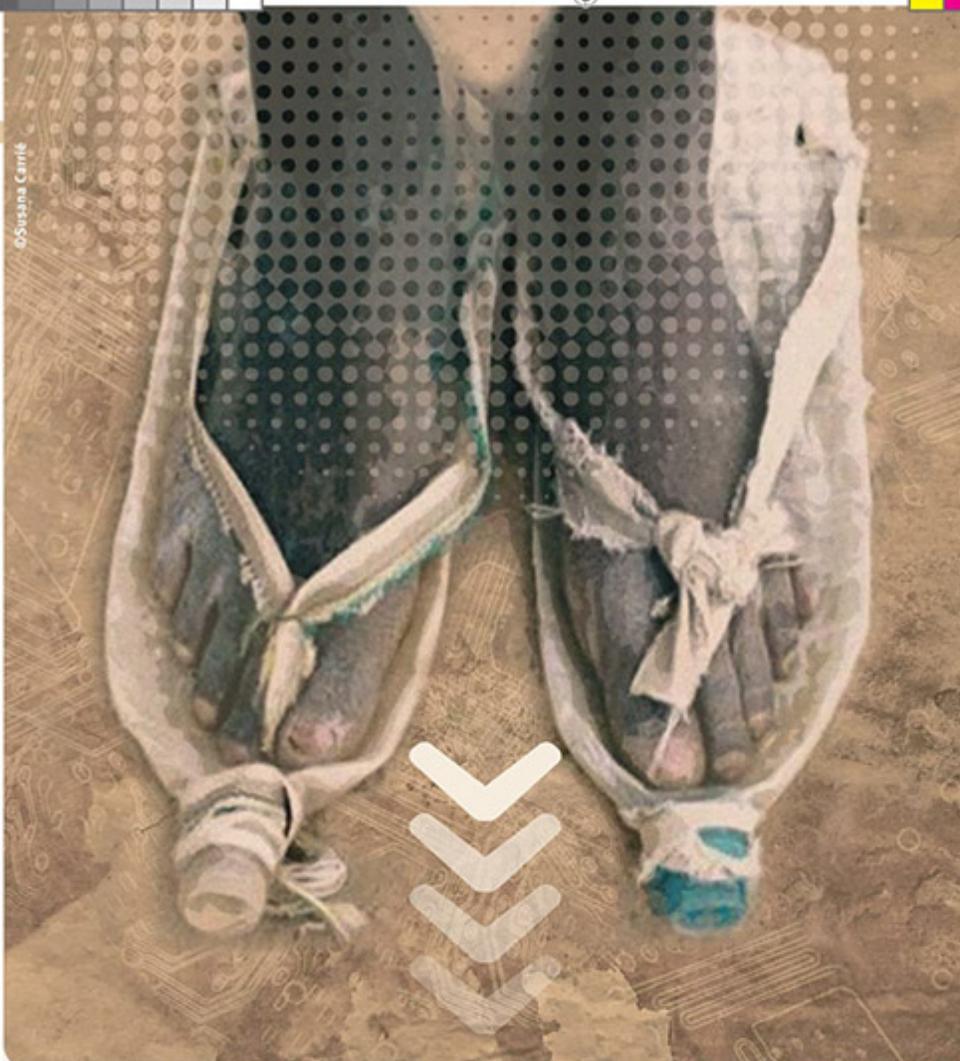
capital. El financiamiento, la seguridad, la buena infraestructura de energía y de transporte siguen siendo importantes en la producción y el comercio; pero a la hora de producir e innovar bienes y servicios en condiciones de competitividad internacional, bien para beneficio de nuestra propia sociedad o para las exportaciones, lo más importante, casi que lo que cuenta ahora, son las aplicaciones del conocimiento.

..."La innovación y el cambio técnico abren el camino al desarrollo económico; pero sólo bajo la orientación de políticas y estrategias socialmente inspiradas es posible alcanzar también la felicidad y el bienestar social de la población, fines primordiales de toda política de Estado. El progreso técnico es hijo de la educación y del desarrollo científico-tecnológico; la innovación es hija de la imaginación, del espíritu creador y del emprendimiento"...

1. Ospina, A. et ál. (2012), *El poder del conocimiento*, Bogotá, EAFIT.

2. Steward, T.A. (1999), *Capital intelectual, la nueva riqueza de las organizaciones*, New York, N.Y. Doubleday.

3. Solow, R. (1957), *Technical change and the aggregate production function*, MIT Press.



Juan Enríquez Cabot, profesor de la Universidad de Harvard, en conferencia presentada en los albores del presente siglo, decía que “cuando nos ponemos de espaldas al avance del conocimiento, parece que nos creyéramos inmunes, aunque nadie lo es, al atraso en la innovación, la ciencia y la tecnología”<sup>4</sup>. Y proseguía explicando que los países cuyos gobiernos solo se preocupan por su organización fiscal, por controlar su inflación y presupuesto, por explotar sus recursos naturales, pero no imponen políticas para generar, transferir y adoptar nuevos conocimientos, se pueden volver irrelevantes y desaparecer, o en el mejor de los casos, ser cada vez más pobres, “...porque si ésta es una economía del conocimiento y un país no lo genera, o no está en capacidad de aplicarlo y convertirlo en bienes y servicios, ese país no tiene futuro”<sup>5</sup>.

Y al volver la mirada hacia los países en desarrollo, Enríquez-Cabot describe lo que sucede en la mayoría de ellos:

Entra un ministro de finanzas, sale un ministro de finanzas; entra un presidente, sale otro presidente y el país es cada vez más pobre. No porque el que entra sea más tonto, sino porque la agenda de desarrollo económico es equivocada, porque seguimos discutiendo si vamos a hacer una fábrica, una represa o un puerto. Nada de eso importa hoy: lo que importa hoy son las mentes, la educación, la ciencia. Importa que esas mentes puedan proteger y vender conocimientos al resto del mundo. Los países que entendieron esto son los países que van a dominar el planeta<sup>6</sup>.

4. Enríquez-Cabot, J. (2003). *Los imperios del futuro serán los imperios de la mente*, [Disertación], Universidad de Harvard, Cambridge, 12 de febrero.

5. *Ibid.*

6. *Ibid.*



Enrriquez-Cabot cerraba su disertación en Harvard citando a Einstein:

Todos los imperios del futuro van a ser los imperios del conocimiento, y solamente serán exitosos los pueblos que entiendan cómo generar conocimientos <sup>7</sup>.

Esta es la filosofía que han entendido y aplicado los países tecnológicamente desarrollados y con altas tasas de crecimiento socio-económico, como Estados Unidos, Alemania, Francia, Gran Bretaña, Suiza, Japón, y otros que no lo eran hace 30 o 40 años, como Corea, Singapur, Taiwán, China e India. Han sabido aplicar los conocimientos en construir capacidad de investigación y habilidad para convertir los resultados de esta en agregarles valor a las materias primas, construir infraestructura, e innovar en los productos y servicios que consumen, y en los que venden con éxito en los mercados internacionales.

Al aprender de estos últimos países, en busca del desarrollo económico y del bienestar futuro de la nación, en Colombia se deben adoptar políticas de Estado vigorosas y claras, cuyos objetivos estratégicos conduzcan a la formación de capital conocimiento y a la adquisición de capacidad para aplicarlo en su crecimiento económico y en el avance del bienestar social de su población.

---

7. Ibid.

## El desafío

El desafío, entonces, está en saber cómo crear capital intelectual y generar conocimiento; y, además, en aprender a apreciarlo y aplicarlo. El saber y el conocimiento no son innatos en las personas, aunque sí lo es la potencialidad de adquirirlos; se pueden crear, adquirir y fortalecer, cultivando nuestra inteligencia a lo largo de toda la vida. Pero la responsabilidad no es meramente individual; también lo es de la familia, de la sociedad y del Estado. Se van a adquirir y cultivar en el hogar, en el aula, en la biblioteca, en el laboratorio, en Internet, por medio de bien formulados procesos educativos: el estudio riguroso y continuo, la experimentación, la investigación científico-tecnológica y la innovación.

Esos procesos, sin embargo, no pueden desarrollarse sin la orientación y el apoyo del Estado; la orientación la darán las políticas públicas que sean promulgadas y las estrategias que sean diseñadas para su ejecución; el apoyo estará en los recursos destinados para volver realidad los planes y programas resultantes de la acción estratégica. La promulgación de políticas públicas es función del Estado; su objetivo es ofrecer respuestas integrales, certeras, viables y oportunas a las necesidades del desarrollo de la nación, y una de las principales, casi la esencial, es la de creación de conocimiento.

## Política de educación para la ciencia

Existe una falencia común que afecta a todas las estrategias diseñadas para fortalecer el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Colombia: no tenemos una política de *educación para la ciencia*, lo cual produce como resultado nuestro atraso en el alcance de las metas de preparación del capital humano para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, y la consiguiente lentitud en el logro del progreso técnico.

Estas fallas combinadas se reflejan en:

1. Un deficiente nivel de apropiación de la ciencia y el concepto de innovación por parte de la población colombiana;
2. Cierta grado de desconocimiento e indiferencia por el desarrollo científico-tecnológico por parte de los líderes con poder de decisión;
3. Una actitud de subvaloración y escasa demanda por parte de la población colombiana por las carreras científicas, por la carrera del investigador, por la formación técnica y tecnológica;
4. Falta de vocación de los jóvenes —con actitud complaciente de sus padres— por los estudios técnicos y tecnológicos;
5. Debilidad de la demanda por técnicos, tecnólogos, doctores e investigadores por parte de las empresas y las entidades públicas;
6. Poco impacto en la población de los múltiples proyectos (algunos muy buenos), que se realizan en el campo de la apropiación social de la ciencia.

Consecuencia de todo esto: una evidente falta de cultura científica en la sociedad en todos sus niveles, causa fundamental del subdesarrollo.

Es preciso, por tanto, formular una política de impulso a *la educación para la ciencia, la tecnología y la innovación desde la edad temprana*, que comience desde los niveles de preescolar, básica y media, cuyos objetivos sean la creación de cultura científica, conocimiento y actitudes positivas hacia lo científico y lo tecnológico, hacia los beneficios de

..“El desafío, entonces, está en saber cómo crear capital intelectual y generar conocimiento; y, además, en aprender a apreciarlo y aplicarlo. El saber y el conocimiento no son innatos en las personas, aunque sí lo es la potencialidad de adquirirlos; se pueden crear, adquirir y fortalecer, cultivando nuestra inteligencia a lo largo de toda la vida”...



la investigación y sus aplicaciones, y hacia la demanda de la población por las carreras científicas y técnicas.

Los objetivos estratégicos de una política de educación para la ciencia deben comprender:

1. La formación de capital humano con énfasis especial en los maestros;
2. El fortalecimiento de la capacidad de investigación y desarrollo, y
3. La creación de una cultura innovadora.

## Políticas para el cambio técnico

Con el propósito de crear conocimiento y aumentar el capital intelectual del país, las entidades nacionales a cargo de la educación, la ciencia y la tecnología, en cumplimiento de sus funciones, han venido impulsando programas de formación de capital humano de alto nivel en los últimos decenios, con modesto grado de eficacia. Estos no son suficientes. Es preciso, además, modificar las prioridades y transformar los sistemas de educación para formar, en calidad y en cantidad, ciudadanos de bien que sean además los técnicos, tecnólogos e ingenieros que el país necesita para el cambio social y el progreso técnico.

Sin la componente de conocimiento técnico será difícil aprovechar los beneficios de la ciencia para proveer bienestar de la población en forma de servicios básicos, infraestructura y empleo digno; y, mucho más difícil aún, dar un impulso significativo a la innovación tecnológica necesaria para llevar —y mantener— los productos y servicios nacionales, en niveles de competencia favorables, a los mercados internacionales.

Para alcanzar con efectividad los objetivos de una política de educación para la ciencia, deben formularse e implementarse, específicamente, estrategias para la creación de conciencia nacional sobre el papel del conocimiento y las aplicaciones científicas en el desarrollo del país y en el bienestar de la población; y, más concretamente, estrategias para influir en la clase política y en los líderes empresariales con el fin de que aprecien el valor de la ciencia y sus aplicaciones en el crecimiento socio-económico, y ello constituya parte de sus preocupaciones constantes.

Una primera estrategia sería la organización y puesta en práctica de un programa permanente de educación y "alfabetización" científico-tecnológica, complemento de la educación formal, dirigido a crear cultura científica entre los jóvenes matriculados en escuelas y colegios, en los niveles de educación preescolar, básica y media. Otros programas complementarios son: la preparación de materiales, la capacitación del profesorado, y el desarrollo de un plan de acción conjunta y de articulación institucional, con la participación de las autoridades del sector educativo, que asegure la cooperación de las diversas entidades que hoy trabajan en forma separada en actividades de apropiación social del conocimiento y de creación de cultura científica.

Estas políticas, dirigidas a lograr educación para la ciencia, progreso técnico para producir bienes y servicios que respondan a las necesidades sociales, y capacidad de innovación para llevarlos al mercado con éxito, constituyen los caminos hacia un crecimiento económico con función social.

... "Sin la componente de conocimiento técnico será difícil aprovechar los beneficios de la ciencia para proveer bienestar de la población en forma de servicios básicos, infraestructura y empleo digno; y, mucho más difícil aún, dar un impulso significativo a la innovación tecnológica necesaria para llevar —y mantener— los productos y servicios nacionales, en niveles de competencia favorables, a los mercados internacionales." ...

# 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

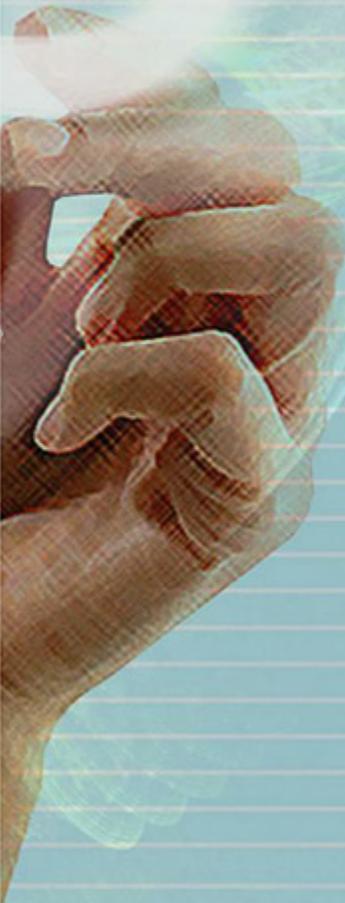


Recibimos tus pagos por medio de:



Biomedicina





# Factores que propician la innovación: el caso de la biomedicina

**LINA BEATRIZ PINTO GARCÍA**

MSc, GERENTE CIENTÍFICA CIDEIM  
[lpinto@cideim.org.co](mailto:lpinto@cideim.org.co)

**LIGIA GÓMEZ MONCADA**

MPH, COORDINADORA DE EDUCACIÓN VIRTUAL CIDEIM  
ACTUALMENTE ESTÁ AFILIADA COMO COORDINADORA  
DEL PROGRAMA A VINCENT HOUSE EN ST. PETERSBURG  
FLORIDA, EE.UU.

<http://www.vincent-house.org/>

**NANCY GORE SARAVIA**

PHD, DIRECTORA CIENTÍFICA CIDEIM  
[saravian@cideim.org.co](mailto:saravian@cideim.org.co)

CENTRO INTERNACIONAL DE ENTRENAMIENTO E  
INVESTIGACIONES MÉDICAS CIDEIM, CALI, COLOMBIA  
[www.cideim.org.co](http://www.cideim.org.co)



## Resumen

El simposio “Colombia en la Frontera de la Biomedicina”, organizado por el Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas, CIDEIM, abrió un diálogo sobre innovación en biomedicina entre líderes nacionales provenientes del gobierno, la industria y la investigación. En este entorno idóneo se aprendió de ejemplos internacionales exitosos y se propició un debate intersectorial sobre los elementos necesarios para hacer de la ciencia, la tecnología y la innovación verdaderos motores del desarrollo económico y social del país. Nuevas formas de colaborar, la capacidad para asumir el riesgo, la creación de modelos de negocio novedosos y un entorno y ecosistema científicos favorables, fueron identificados como factores determinantes para la innovación con impacto social.

### AGRADECIMIENTOS

CIDEIM agradece a COLCIENCIAS, Tecnoquímicas S.A., Lafranco S.A., Rochem Biocare y a la Universidad ICESI por su apoyo en la realización del simposio “Colombia en la Frontera de la Biomedicina”. También queremos expresar nuestra gratitud a los facilitadores de los paneles del evento: Juan Francisco Miranda, Gerente de Biopacífico; Ramiro Guerrero, Director de PROESA; Mauricio Pérez, Director Científico de Tecnoquímicas S.A., y Francisco Piedrahita, Rector de la Universidad ICESI.

## Presentación

A través de un encuentro entre diversos sectores de la sociedad para hacer de la ciencia una fuerza transformadora de la salud en Colombia, el Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas, CIDEIM, celebró sus 50 años de vida con el simposio “Colombia en la Frontera de la Biomedicina”. El 27 y 28 de Febrero de 2012, 350 personas, entre directivos universitarios, investigadores, funcionarios del gobierno, representantes de la industria y la sociedad civil (figura 1), dialogaron y debatieron sobre estrategias intersectoriales para fomentar la innovación. Diez conferencistas internacionales que han protagonizado proyectos transformadores en países líderes de innovación - Brasil, Estados Unidos y Alemania - dieron a conocer sus experiencias para inspirar e impulsar procesos similares en el contexto colombiano. Con la participación de más de veinte líderes nacionales provenientes de diferentes sectores, se examinaron y discutieron, en conjunto con la audiencia, los cimientos existentes y las condiciones necesarias para la investigación científica sostenible y su aplicación a problemáticas de salud prioritarias (memorias del simposio y perfil de conferencistas y panelistas disponibles en [www.cideim.org.co/simposio\\_cideim](http://www.cideim.org.co/simposio_cideim)).



### PARTICIPACIÓN POR SECTORES



Figura 1.

Representatividad de los sectores en el simposio "Colombia en la Frontera de la Biomedicina".

El gobierno actual se ha referido a la innovación como una de las locomotoras para la economía y el desarrollo social de la nación (Colombia. Presidencia de la República, 2011). Otros países también han ubicado a la innovación en las primeras líneas de agenda, pero solo algunos de ellos están proponiendo modelos que les han permitido posicionarse dentro de los primeros lugares del ranking y convertirse en "hot-spots" de innovación (Kao, 2009).

## Los factores para la innovación

La celebración de los 50 años de CIDEIM brindó un espacio para la convergencia de experiencias y protagonistas que permitió conocer factores cuya confluencia propicia la innovación:

### Colaboración basada en la complementariedad

Las colaboraciones fueron un elemento común a todos los casos internacionales presentados en el simposio. *Seattle BioMed*, una institución sin ánimo de lucro, dedicada a la investigación e innovación en enfermedades infecciosas desde 1976, atribuye su éxito al trabajo interdependiente con otras organizaciones con capacidades complementarias, no redundantes, en cuanto a infraestructura, experticia en diferentes campos y conocimiento. Su alianza con el *Institute for Systems Biology*, por ejemplo, es una apuesta concreta por la biología sistémica, una aproximación novedosa y altamente prometedora en el estudio de las enfermedades infecciosas. Respondiendo a este nuevo enfoque, ambos institutos decidieron asociarse, bajo la premisa de que "nuevas ideas requieren nuevas estructuras organizacionales" (Aitchison, 2012).



### FRANCISCO PIEDRAHITA

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD ICESI

*"El país está cambiando y su capacidad en investigación está cambiando, radicalmente en las áreas de salud y biotecnología. Lo que no podemos es darnos el lujo de desperdiciar los escasos recursos que tenemos y nos toca, como comunidad científica, empezar desde ya una tarea para cambiar las reglas de juego, para tratar de mejorar la financiación de la investigación y la ciencia hacia adelante".*



La innovación organizacional o las formas de relacionarse, y la importancia de que las colaboraciones se extiendan más allá del plano científico, emergieron como factores cruciales para la innovación. Por ejemplo, el desarrollo de medicamentos y vacunas contra las llamadas enfermedades de la pobreza, no ofrece motivación mercantil y los institutos académicos de investigación no poseen la gama de capacidades ni los recursos para el desarrollo eficiente de medicamentos. Por ello, organizarse de manera innovadora y así colaborar con el sector privado para trasladar los resultados de investigación a la aplicación ha resultado efectivo. ¿Qué pasaría en Colombia si se despejaran las barreras percibidas y reales entre los sectores de la investigación, el gobierno y la industria, incluyendo a aquellas organizaciones que tradicionalmente no han participado en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI)? En torno a esta pregunta, Emilio Sardi, Vicepresidente Ejecutivo de Tecnoquímicas S.A., resaltó la necesidad de que la agenda de investigación se desarrolle de manera intersectorial, siempre evitando la redundancia, pues "somos muy poquitos para gastar el tiempo en lo mismo".



### BEATRIZ LONDOÑO

ENTONCES MINISTRA DE SALUD

*"Queremos que ese teléfono roto que existe entre los investigadores y el gobierno se repare y que los tomadores de decisiones puedan efectivamente contribuir a que las políticas públicas reflejen los resultados de investigación. A ello los invito y ratifico nuestro compromiso".*

El éxito del acercamiento entre el sector industrial y el de la investigación fue ilustrado a través del "Proyecto Artemisinina", un esfuerzo intersectorial que permitirá cubrir la demanda mundial de artemisinina, medicamento que, por su mayor efectividad, es recomendado por la Organización Mundial de la Salud para tratar la malaria (Hale et al., 2007). Investigadores de la Universidad de California en Berkeley estudiaron la planta de la cual tradicionalmente se extrae la artemisinina (*Artemisia annua*), aislaron los genes claves y los introdujeron en microorganismos para la producción del medicamento en fermentadores. De la investigación se pasó al desarrollo de una tecnología que, gracias a la mediación del Institute for OneWorld Health (IOWH), a fondos de la Fundación Bill & Melinda Gates y a la voluntad de la multinacional farmacéutica Sanofi-Aventis, permitirá producir y distribuir artemisinina semisintética a gran escala.

El reto inicial consistió en crear un microorganismo productor de ácido artemisinico (precursor de la artemisinina) en cantidad suficiente para poder responder a la demanda mundial de medicamento. Fue justamente gracias al establecimiento de una colaboración con un grupo de investigación en Canadá, el cual había identificado previamente dos enzimas esenciales en el proceso, que se introdujeron dos genes más en el microorganismo y se logró alcanzar los niveles de ácido artemisinico requeridos.



### **PATRICIA DEL PORTILLO**

**DIRECTORA EJECUTIVA DE CORPOGEN**

*"A nosotros en Colombia nos hace muchísima falta una masa crítica de investigadores, con quienes discutir, con quienes hablar".*



El IOWH jugó un papel fundamental en todo el "Proyecto Artemisinina". Organizó y movilizó la colaboración intersectorial, coordinó el trabajo para lograr las metas propuestas y aseguró que los científicos pudieran dedicarse exclusivamente a lo que saben hacer, es decir, a la ciencia. El proceso inició desde la Universidad de California, Berkeley, con las investigaciones preliminares y la prueba de concepto. Posteriormente, Amyris Biotechnologies, empresa fundada por ese grupo de científicos, optimizó el microorganismo modificado y desarrolló un proceso escalable. Luego Sanofi-Aventis se encargó de la manufactura escalada y de la distribución. Finalmente se estableció en 2011 una organización sin ánimo de lucro, bautizada con el nombre de Zagaya, con el fin de asegurar el acceso a tratamientos para malaria en los países en vía de desarrollo. En total, el proceso duró 8 años y se lograron dos financiaciones de la Fundación Gates: la primera para el desarrollo y la segunda para la industrialización.

### **MAURICIO PÉREZ**

**DIRECTOR CIENTÍFICO DE TECNOQUÍMICAS S.A.**

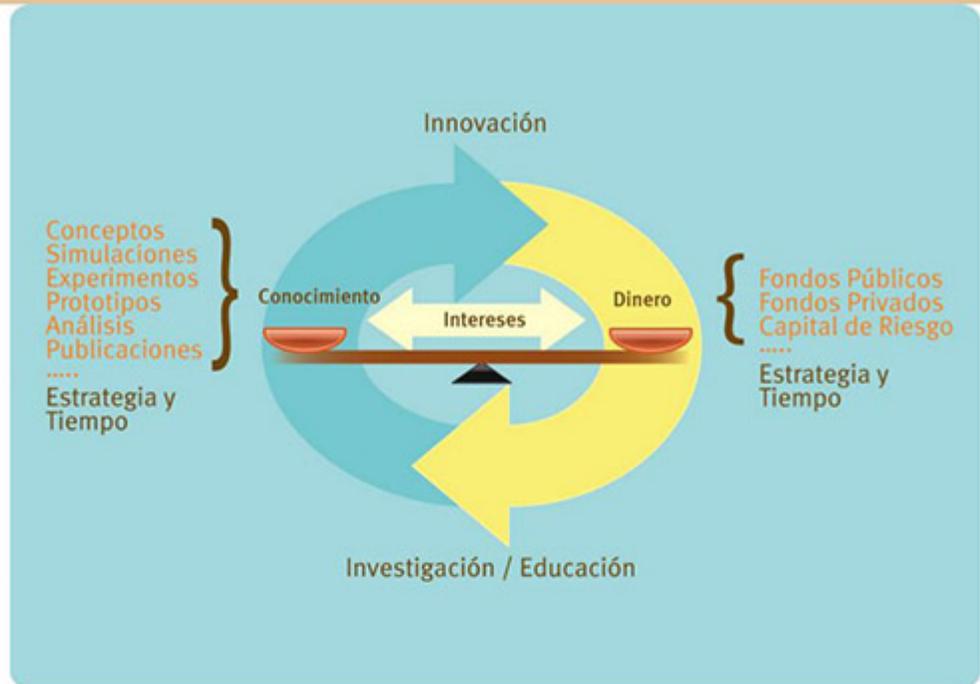
*"El INVIMA ha enfatizado el papel del Estado en el apoyo a la I+D, tanto directamente, como en la elaboración de marcos regulatorios y políticas relevantes. Es positivo que instituciones como el INVIMA asuman esto de manera proactiva y razonable. El INVIMA nos ha enfatizado en el papel del Estado en el apoyo a la I+D, tanto directamente, como en la elaboración de marcos regulatorios y políticas relevantes. Es positivo que instituciones como el INVIMA asuman esto de manera proactiva y razonable"*



Otro ejemplo revelador de la importancia que tienen las colaboraciones para innovar es el proyecto "lab-on-a-chip", un sistema que combina varios procesos de laboratorio en un solo dispositivo, pequeño y portátil, para diagnosticar la sepsis bacteriana de manera rápida y fácil. Este desarrollo se logró gracias al trabajo conjunto del Departamento de Diagnósticos y Nuevas Tecnologías del Instituto Fraunhofer de Inmunología y Terapias Celulares en Alemania y de Siemens. Para empresas como ésta, la inversión en investigación y desarrollo (I+D) es la estrategia empleada para seguir siendo competitivos en un mundo dominado por productores de bajo costo, principalmente en China e India. Siemens entiende el proceso como un ciclo en el cual de un lado se tiene el conocimiento y de otro los recursos. Ambos, conocimiento y recursos, requieren una estrategia y tiempo para crecer, lo cual ocurre a través de dos procesos: 1) innovación —el proceso a través del cual el nuevo conocimiento se convierte en recursos—; 2) la investigación y la educación —el proceso a través del cual los recursos se convierten en generadores de nuevo conocimiento (figura 2).

Figura 2.

*Ciclo elemental de la innovación.* La innovación es el proceso de conversión de conocimiento en recursos; al invertir éstos en educación e investigación, se genera nuevo conocimiento. Solo si las condiciones del entorno para ambos procesos están dadas, el ciclo podrá girar sin tropiezos. Fuente: Imagen extraída de la presentación del conferencista Roland Weiss, Senior Scientist de Siemens Corporate Technology.



### Capacidad y mentalidad para asumir riesgo

Los participantes en el foro se refirieron a dos tipos de innovación: la incremental (mejoras sobre un producto, un servicio o un modelo existente) y la radical (cambios fundamentales, generación de algo completamente nuevo y distinto). Esta última implica un riesgo mucho mayor y es la razón por la cual Siemens decidió aliarse con un instituto de investigación en el proyecto "lab-on-a-chip"; al cooperar, el riesgo se comparte y no es asumido únicamente por la compañía. Moisés Wasserman, entonces Rector de la Universidad Nacional, cuestionó si Colombia debe irse solo por las innovaciones incrementales o si debe "...asumir también que de pronto somos capaces de hacer innovaciones de carácter más radical. Si queremos innovaciones incrementales (...) nos basta con diseñadores industriales y administradores de empresas". Afirmó a continuación que, si queremos hacer innovación radical necesitamos otras disciplinas, principalmente en el campo de las ciencias naturales. Para innovar "hay que lograr formar personas que imaginen lo que no existe. Quienes más posibilidad tienen son las personas educadas con la investigación como columna central de su proceso formativo. No es un prurito de moda, es que el proceso de adquisición del conocimiento es un proceso de lanzamiento de hipótesis nuevas, de propuestas experimentales o teóricas para confrontarlas".

Claramente, el capital de riesgo requerido para alcanzar logros audaces es tanto humano como financiero. La formación, el empoderamiento y la retención del capital humano que visualiza "lo que podría ser" y cómo lograrlo, retan a la gama de instituciones educativas y a todas las instituciones del ecosistema de la ciencia y la tecnología. A través de COLCIENCIAS, el gobierno nacional propone formar mil doctores (PhD) por año. No obstante, el ecosistema actual para la investigación y la innovación es intolerante al riesgo, no tiene una capacidad de respuesta real a la oferta de investigación y no fomenta carreras de investigación profesional. Igualmente importante son los técnicos y tecnólogos que exigen las infraestructuras donde se desarrollan innovaciones. De esta manera, las estrategias innovadoras de formación también subyacen la generación del capital humano que hace posible la transformación científica y tecnológica, (Figura 3. Comentarios de Moisés Wasserman y Juan Carlos García, Gerente de Salud del SENA).



**JUAN CARLOS GARCÍA**  
GERENTE DE SALUD DEL SENA

*"Estamos formando demasiados profesionales, les enseñamos a los muchachos a soñar con ser profesionales y no con ser útiles para el país. El país tiene un déficit en formación técnica y tecnológica. No estamos formando los mandos medios. Los profesionales están llenando ese vacío y lo están haciendo a expensas de su propia satisfacción".*



Figura 3.

Comentarios de figuras nacionales e internacionales.



**MOISÉS WASSERMAN**  
EXRECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL

*"El ecosistema de innovación necesita capacidad de riesgo. Para nosotros, los empleados públicos, el riesgo es un delito. Hay muchas personas que han sido destituidas o hasta se han ido a la cárcel porque asumieron un riesgo. El riesgo está prohibido oficialmente en la administración pública colombiana y el ecosistema de innovación necesita también de ese riesgo, de capitales aventureros, empresarios lanzados y, por supuesto, gente muy bien formada".*

**CARLOS MOREL**  
DIRECTOR DEL CENTRO PARA EL DESARROLLO  
TECNOLÓGICO EN SALUD DE FIOCRUZ

*Si los científicos en Colombia no van y hacen presión en el terreno político, el proceso se va a estancar en una meseta y no sé de dónde va a salir la innovación. Espero que tengan la energía y la fuerza para hacer conferencias nacionales y hacer presión democrática al gobierno".*



**KENNETH STUART**  
DIRECTOR Y FUNDADOR DE  
SEATTLE BIOMED

*"Lo más sorprendente para nosotros es lo poco que el público está al tanto del problema que representan las enfermedades infecciosas. A largo plazo, lo más importante, es buscar quien abogue por esto. Hay que ser capaces de llegarle al público general, a políticos, líderes empresariales y miembros de la comunidad para decirles que este es su problema, que es, de hecho, uno de los problemas más grandes de la humanidad, y que necesitamos de su ayuda".*



## Hacer el bien y generar utilidades no son acciones excluyentes

El propósito empresarial de generar utilidades y la baja motivación comercial para incurrir en los costos y los riesgos inherentes al desarrollo de vacunas y medicamentos para enfermedades de la pobreza han llevado a pensar que la manufactura de tales productos no es buen negocio. La innovación organizacional en cuanto a la forma de asociar entidades ha permitido cambiar esta percepción.

El IOWH se estableció en 2001 como la primera compañía farmacéutica sin ánimo de lucro del mundo donde el 80% de los recursos proviene de la Fundación Gates. Su misión es la de descubrir, desarrollar y distribuir nuevos tratamientos, seguros, efectivos y asequibles, para enfermedades que afectan desproporcionadamente a personas del mundo en vía de desarrollo. Opera a través de cooperaciones para el desarrollo de productos ("product-development partnerships" o PDPs), un nuevo modelo de colaboración intersectorial que se caracteriza por querer hacer la diferencia y el bien. Este instituto se encargó de reunir y coordinar a los socios involucrados en el "Proyecto Artemisinina", algunos de ellos con misiones basadas en el lucro (Sanofi-Aventis y Amyris), para trabajar en un propósito de salud global, sin ánimo de lucro. Siguiendo la línea del IOWH, hay toda una nueva escuela de emprendedores conscientes y convencidos de que se puede ser altruista y generar utilidades al mismo tiempo. Ellos están creando y transformando empresas, incluso grandes multinacionales como Unilever, Intel y Wal-Mart (Kania & Kramer, 2011), rigiéndose por un modelo novedoso de valores híbridos ("blended value corporations").

La investigación científica se basa en la formulación de hipótesis que pueden llegar a ser, luego de un proceso sistemático, comprobadas o rebatidas. Por lo tanto, se trata de un quehacer prolongado, cuyo resultado es incierto y que demanda constancia, tolerancia al riesgo y creatividad en aquellos que deciden invertir sus recursos en él. No obstante, los resultados, las aplicaciones y las utilidades que se pueden derivar de este proceso tienen un potencial enorme, tan significativo que justifica asumir contingencias y respaldar la ciencia de manera sostenida (Nature, 2008). La Sociedad Fraunhofer en Alemania parte de esta convicción y reúne capital público y privado para generar aplicaciones que, como el sistema "lab-on-a-chip", han hecho posible el uso del conocimiento para resolver un problema de salud pública.

## El contexto y el entorno de innovación son cruciales

En torno a la discusión sobre el fomento de la innovación en Colombia, Moisés Wasserman propuso que el "truco" posiblemente está en conocer lo que significa "ecosistema de innovación" y en promover su creación. Este ecosistema incluye las leyes y las normas que posibilitan la innovación, la comunicación entre las empresas y quienes producen el conocimiento, capitales aventureros y empresarios arriesgados.

El contexto brasileño resulta iluminante en ese sentido. El Centro para el Desarrollo Tecnológico en Salud (CDTS) de Fiocruz, se propuso como un paradigma innovador de I+D. Esta iniciativa se enmarca dentro de los grandes avances que se han dado durante la última década en términos de políticas y gobernanza en Brasil. El presupuesto del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación aumentó casi 7,7 veces entre 2000 y 2012, de 1,59 a 12,22 billones de reales. Paralelamente, hubo innovaciones en la financiación de la ciencia, de las cuales la más importante fue la creación del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología, apoyado por aportes de varias industrias nacionales. Gracias a esta innovación política, financiera y empresarial, los investigadores brasileños tienen hoy en día acceso a recursos sustanciales, comparables a aquellos de agencias financiadoras internacionales.

Para que Brasil se haya convertido en arquetipo y abanderado de la ciencia a nivel regional, no solo se luchó desde el frente científico, sino que se preparó un contexto propicio en todos los terrenos, incluyendo el político, haciendo presión y eligiendo diputados que lucharon por la causa científica. Adicionalmente, en este país se organizan las llamadas Conferencias Nacionales de Salud, foros de debate en donde se reúnen intelectuales, investigadores, docentes y trabajadores de salud y de la sociedad en su conjunto, para deliberar, negociar y llegar a consensos que definen la agenda nacional



de salud. Aunque estas reuniones multitudinarias representan un gran desafío, tienen un peso político importante que ha logrado mejorar la calidad de vida de la población brasileña (García-Scarponi, 2003).

¿Podría la comunidad científica colombiana abogar, actuar colectivamente y así generar cambios en el “ecosistema” local y nacional de la ciencia y en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación? Retando a la comunidad científica, Emilio Sardi declaró: “Ustedes son muy importantes para quedarse callados (...) conjunta o independientemente, pero cada uno de ustedes tiene un peso específico en Bogotá”. Asimismo, las instituciones gubernamentales también enfrentan el desafío de involucrar a la comunidad científica en el proceso, promulgar las políticas y asegurar los recursos que impulsen un entorno propicio para la innovación.

Carlos Morel, Director del CDTs de Brasil, enfatizó que una de las diferencias más notables entre la ciencia, la tecnología y la producción en los países desarrollados y en vía de desarrollo es que en estos últimos los tres procesos se dan de manera disgregada. El reto consiste justamente en establecer incentivos, mecanismos y entornos eficientes que permitan la conexión articulada de estos tres elementos, estrategia a la cual le apuesta el gobierno brasileño con la creación del CDTs. Una de las innovaciones más importantes en la concepción de este Centro, de carácter público, fue destinar un piso entero del edificio a la industria para que haga equipo con los investigadores y trabajen en conjunto en el desarrollo de productos específicos.

## Conclusión

Las experiencias intersectoriales expuestas, junto con las propuestas y debates realizados en el marco del simposio “Colombia en la Frontera de la Biomedicina”, revelaron que el desafío actual del país, al promover un modelo de innovación como motor del desarrollo económico y social, requerirá innovaciones en diversos ámbitos —político, financiero, organizacional y educativo— para lograr el contexto propicio de innovación científica y tecnológica. En consecuencia, el diálogo y la concertación intersectorial para la innovación involucrarán a un amplio espectro de la sociedad y demandarán TANTO canales y entornos efectivos de comunicación COMO nuevos paradigmas organizacionales.

## Referencias

- Aitchison J. (2012), “An Integrative Perspective: The Role of Systems Biology and P4 Medicine in Infectious Diseases” [Conferencia], *Simposio Colombia en la Frontera de la Biomedicina*, CIDEIM, Cali, Colombia. 28 de febrero.
- Colombia. Presidencia de la República (2011), Informe al Congreso: Juan Manuel Santos, consulta 3 de agosto de 2012, disponible en <http://wsp.presidencia.gov.co/Publicaciones/Documents/InformePresidente2011.pdf>
- García-Scarponi F. (2003), *Un proceso de democratización de las propuestas para el sector salud: Las Conferencias Nacionales de Salud en Brasil*, consulta 3 de agosto de 2012, Recurso electrónico disponible en <http://www.opas.org.br/observatorio/Arquivos/Destaques52.doc>
- Hale V., Keasling J.D., Renninger N., Diagana T.T. (2007), “Microbially Derived Artemisinin: A Biotechnology Solution to the Global Problem of Access to Affordable Antimalarial Drugs”, *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 77(6): Supplement.
- Kania J. & Kramer M. (2011), “Roundtable on Shared Value”, *Stanford Social Innovation Review*, consulta 21 de agosto de 2012, disponible en [http://www.ssireview.org/articles/entry/qa\\_roundtable\\_on\\_shared\\_value#comments](http://www.ssireview.org/articles/entry/qa_roundtable_on_shared_value#comments)
- Kao J. (2009), “Big picture: Tapping the world's innovation hot spots”, *Harvard Business Review*, (2009: 109-114).
- Nature - Editorial (2008), “A risk worth taking”, *Nature* (455: 1150), consulta 21 de agosto de 2012, disponible en <http://www.nature.com/nature/journal/v455/n7217/full/4551150a.html>



Biotecnología

# Proyección social de la Bioprospección y la Biotecnología



**DOLLY MONTOYA CASTAÑO**

PROFESORA TITULAR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, PHD EN CIENCIAS NATURALES, MSC EN CIENCIAS BIOMÉDICAS BÁSICAS, QUÍMICA FARMACÉUTICA. COORDINADORA DEL GRUPO DE BIOPROCESOS Y BIOPROSPCCIÓN, INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

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



## Presentación

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia ACAC nos invita a la reflexión sobre la proyección social de la ciencia, la tecnología y la innovación. Ello nos permite reafirmar las responsabilidades de los hombres y mujeres de ciencia frente a las actuales y nuevas generaciones, ya que uno de los pilares de nuestro trabajo es la formación de jóvenes integrales en la forma de pensar, decir y hacer, para planear y contribuir al desarrollo sustentable, en la búsqueda de bienestar social y beneficio económico para nuestro país. Este llamado también motiva a evaluar las políticas nacionales diseñadas para el fomento de la investigación, el desarrollo y la innovación, y al mismo tiempo avizorar cómo desde nuestro quehacer cotidiano contribuimos, en el marco de la globalización, a trazar nuevos derroteros en el diseño y construcción de escenarios de futuro para nuestro país.

En este documento se pretende ventilar algunas ideas que contribuyan al debate interdisciplinario sobre la proyección social de la Ciencia y la Tecnología, para lo cual en la primera parte insistiremos en la necesidad de alinear y armonizar nuestro Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Para ello se presentarán algunos datos publicados por organismos internacionales sobre los indicadores, que permiten vislumbrar la forma como estamos imbuidos en el Sistema de Ciencia y Tecnología en América Latina. En la segunda parte, buscaremos destacar la importancia de la bioprospección y la biotecnología, para potenciar el desarrollo económico y social del país. Para finalizar, compartiremos con el lector una experiencia de bioprospección en una alianza Universidad-Empresa desarrollada por el Grupo de Investigación en Bioprocesos y Bioprospección del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia (IBUN).

## Fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación como responsabilidad colectiva y prioritaria

Los investigadores somos uno de los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, el cual se entiende como una red de instituciones, del sector público y privado, cuyas actividades e interacciones propician la iniciación, importación, modificación y difusión de nuevas tecnologías (Freeman, 1987); dichas instituciones son de índole social, empresarial, financiera, de usuarios de la tecnología y, especialmente, de investigación y desarrollo; entre estas últimas se encuentran las universidades, los centros de investigación y los centros de desarrollo tecnológico, públicos y privados (Freeman, 1995). Muchos factores críticos para desarrollar una capacidad innovadora y competencia sustentable están comprendidos en las redes, las comunidades, las empresas, la infraestructura de investigación y los sistemas regionales. Así, la innovación no depende solamente de la investigación y el desarrollo de la inversión, sino que está cada vez más integrada a la formación del capital social, el cual puede ser visto como redes de actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, quienes evalúan y contribuyen más que cualquier otra variable para explicar la innovación.

Muchos investigadores de las ciencias sociales coinciden en afirmar que la inversión en ciencia y tecnología impacta directamente el desarrollo económico y, por ende, el bienestar social (Gelsing, 2010; Nelson, 1993). Por ejemplo, algunos países como China, India, Japón, Singapur, Corea, Taiwán y Tailandia, han adoptado políticas en inversiones de largo plazo en educación superior, con el propósito de desarrollar talento humano con altas capacidades para el desarrollo tecnológico e infraestructura, que soportan el desarrollo económico con tecnología endógena; y simultáneamente han atraído

empresas con alta tecnología, lo cual se ve reflejado en el desarrollo de capacidades y en su avance económico (National Science Board, 2010, p. 03). Se han establecido indicadores, para determinar la influencia del CT&I en el desarrollo de un país, entre ellos, las publicaciones científicas, las patentes y los porcentajes de inversión del producto interno bruto (PIB), en Ciencia, Tecnología e Innovación.

En Brasil, el porcentaje de inversión del PIB en investigación y desarrollo llega al 1,38%, el más alto de Suramérica, seguido por Chile, Argentina y Colombia, con porcentajes cercanos: 0,68%, 0,50%, 0,40% y 0,38%, respectivamente. No cabe duda que nuestro país debe hacer un esfuerzo para alcanzar niveles competitivos en Ciencia, Tecnología e Innovación. El Banco Interamericano de Desarrollo —BID— plantea que, entre 2000 y 2007, la inversión en Latinoamérica en investigación y desarrollo creció a un promedio anual de 7,8%, un poco más alto que la cifra de 5,9% de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), y significativamente más bajo que China (22,5%) (Inter-American Development Bank, 2010). La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/ECLAC demostró que el mayor esfuerzo en América Latina se concentra en Brasil, el cual en 2007 fue responsable del 60% del crecimiento de la Región (ECLAC, 2007).

El número de patentes es uno de los indicadores utilizados para medir la eficiencia de los sistemas nacionales de Ciencia Tecnología e Innovación (CT&I) en la explotación económica del conocimiento. Este indicador en América Latina no es relevante en relación a los países industrializados; sin embargo, un análisis de los datos de patentes ayuda a entender la situación tecnológica en la región. Los datos de la *US Patent and Trademark Office* (UPSTO) confirman el diagnóstico inicial de que la investigación en América Latina se lleva a cabo principalmente en el ámbito académico, mostrando vínculos muy débiles con la industria. La región muestra que los sistemas de ciencia y tecnología en América Latina se caracterizan, con algunas excepciones, por la falta de vínculos fuertes y mala coordinación entre el sector de I + D (como las universidades) y el sector empresarial. Durante el periodo comprendido entre 1998 y 2008, el 37% de las patentes aprobadas en América Latina fueron invenciones hechas en Brasil; y el 25% en México<sup>1</sup>.

En publicaciones científicas, según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2010a), se destaca el caso de Brasil, el cual tenía, en 2007, el 41% de las publicaciones científicas de la Región Suramericana. Las publicaciones científicas en América Latina a menudo se hacen en colaboración internacional, así que es difícil discernir publicaciones puramente nacionales y en cooperación internacional. De acuerdo con el BID, el número de publicaciones per cápita en América Latina se ha venido incrementado, entre 1994 y 2008, en un promedio anual del 7%, significativamente más alto que la Unión Europea UE (3%) pero más bajo que China y Corea (16%), Irlanda (7%) y el Sureste Asiático (10%). De acuerdo con "Current Status of Science around the World" (UNESCO, 2010b) las publicaciones en América Latina listadas en *Thomson Reuter's Science Citation Index* (SCI), aumentaron más del doble entre 1997 y 2007. El incremento de científicos en Latinoamérica pasó, entre 1997 y 2007 de 2,3% a 3,4%. Este incremento se ha dado fundamentalmente en Brasil, cuyo ascenso fue, de 41% de los artículos científicos en América Latina en 1997, a 47% en 2007.

En los últimos años, los países de América Latina están implementando nuevas políticas para estimular la cooperación entre los sectores público y privado, las cuales se traducen en la creación de instrumentos para promover la Investigación, el desarrollo y la innovación. Este tipo de instrumentos están disponibles en los países con mayor desarrollo relativo: La creación de *clusters* de excelencia que comprenden las instituciones públicas y privadas, y la promoción de incubadoras de empresas y parques tecnológicos.

Aunque existe mucha discusión sobre los indicadores de Ciencia, Tecnología e innovación (publicaciones científicas, patentes y el porcentaje de inversión del PIB en ID&I), hasta ahora los

...“Los datos de la US Patent and Trademark Office (UPSTO) confirman el diagnóstico inicial de que la investigación en América Latina se lleva a cabo principalmente en el ámbito académico, mostrando vínculos muy débiles con la industria...”

1. Datos tomados de la UPSTO y cálculos del investigador para el periodo descrito.

...“Se requiere estimular las capacidades para crear programas e iniciativas que influyan en variados sectores de la producción, pero sobre todo es indispensable una voluntad política de Estado, que proyecte nuestro crecimiento económico basado en la consolidación del talento humano...”

indicadores mencionados se han constituido en los parámetros empleados en el nivel internacional para determinar la madurez de los Sistemas Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación. Ello nos permite observar que, al igual que ocurre en las economías desarrolladas, en América Latina también se reproduce el mismo fenómeno. Países como Brasil y México, que tienen el mayor porcentaje en publicaciones científicas, patentes y, sobre todo, voluntad política de los gobiernos reflejada en mayor porcentaje de inversión del PIB en Ciencia y Tecnología, presentan también mayor desarrollo económico.

La definición real de prioridades e inversión de un país depende de la voluntad política para la distribución de recursos; por lo tanto se requiere hacer un esfuerzo de parte del Estado para incrementar el porcentaje de inversión en Ciencia y Tecnología. Somos responsables de nuestro futuro, ningún país va a hacer el esfuerzo por nosotros, ya pasó la época de la compra de tecnología llave en mano. Para asimilar las nuevas tecnologías de punta, el país debe hacer inversión fuerte en

formación y actualización de talento humano a todos los niveles, para lograr acceder al conocimiento, al desarrollo e implementación de nuevas y modernas empresas de base tecnológica y poner en marcha “la locomotora de la Innovación”.

Esta circunstancia invita a todos los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, incluido el Estado, a mirarnos y alinearnos para impulsar como tarea colectiva y prioritaria el fortalecimiento del Sistema Nacional de CT&I. Es claro que todos los actores tenemos intereses diferentes, pero todos tenemos la responsabilidad de colocar nuestro aporte individual y contribuir al propósito común de producir bienestar social y beneficio económico equitativo para nuestro país. Cada actor del sistema debe desempeñar su papel sin tratar de invadir al otro, puesto que sólo un Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación fortalecido logra participar en una forma “ganadora” en los escenarios internacionales; para ello es necesario superar la visión de la globalización como un fenómeno de tecnología y comunicaciones, para pasar a adoptar la posición de convertirnos masivamente en actores de la globalización.

## Potenciar la bioprospección y la biotecnología

Desde el campo de las Ciencias de la vida, nuestro aporte al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación está dado por la comprensión en el marco de la globalización de los aportes del uso sostenible de la Biodiversidad, entendida como la riqueza de especies de seres vivos que habitan nuestros ecosistemas. Somos un país biodiverso, con ventajas aprovechables si se añade valor a la biodiversidad con conocimiento. La innovación no depende solamente de la investigación y el desarrollo tecnológico, sino del capital social, conformado por los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, incluidos los usuarios; en otras palabras, se requiere estimular las capacidades para crear programas e iniciativas que influyan en variados sectores de la producción, pero sobre todo es indispensable una voluntad política de Estado, que proyecte nuestro crecimiento económico basado en la consolidación del talento humano, indispensable para todos los actores del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación.

La Bioprospección busca hacer uso sostenible y sustentable de la biodiversidad, añadiendo valor a través del conocimiento, con el propósito de transferir a la sociedad una tecnología, servicios o desarrollos de nuevos productos para el mercado y/o, potenciar los existentes. La Biotecnología, definida por la OECD como “La aplicación de la ciencia y la tecnología a organismos vivos así como a parte, productos y modelos para alterar materiales vivos o no vivos para la producción de conocimiento, bienes o servicios” (OECD, 2007, traducción propia), tiene su aplicación en el marco de

la Bioprospección. Esta puede iniciar con la búsqueda de actividades biológicas (búsqueda de posibles usos) como fase primaria del proceso de Bioprospección, pero esta finaliza después de transitar toda la cadena de valor, para colocar un producto de la biodiversidad en el mercado, una tecnología o servicio en manos del usuario.

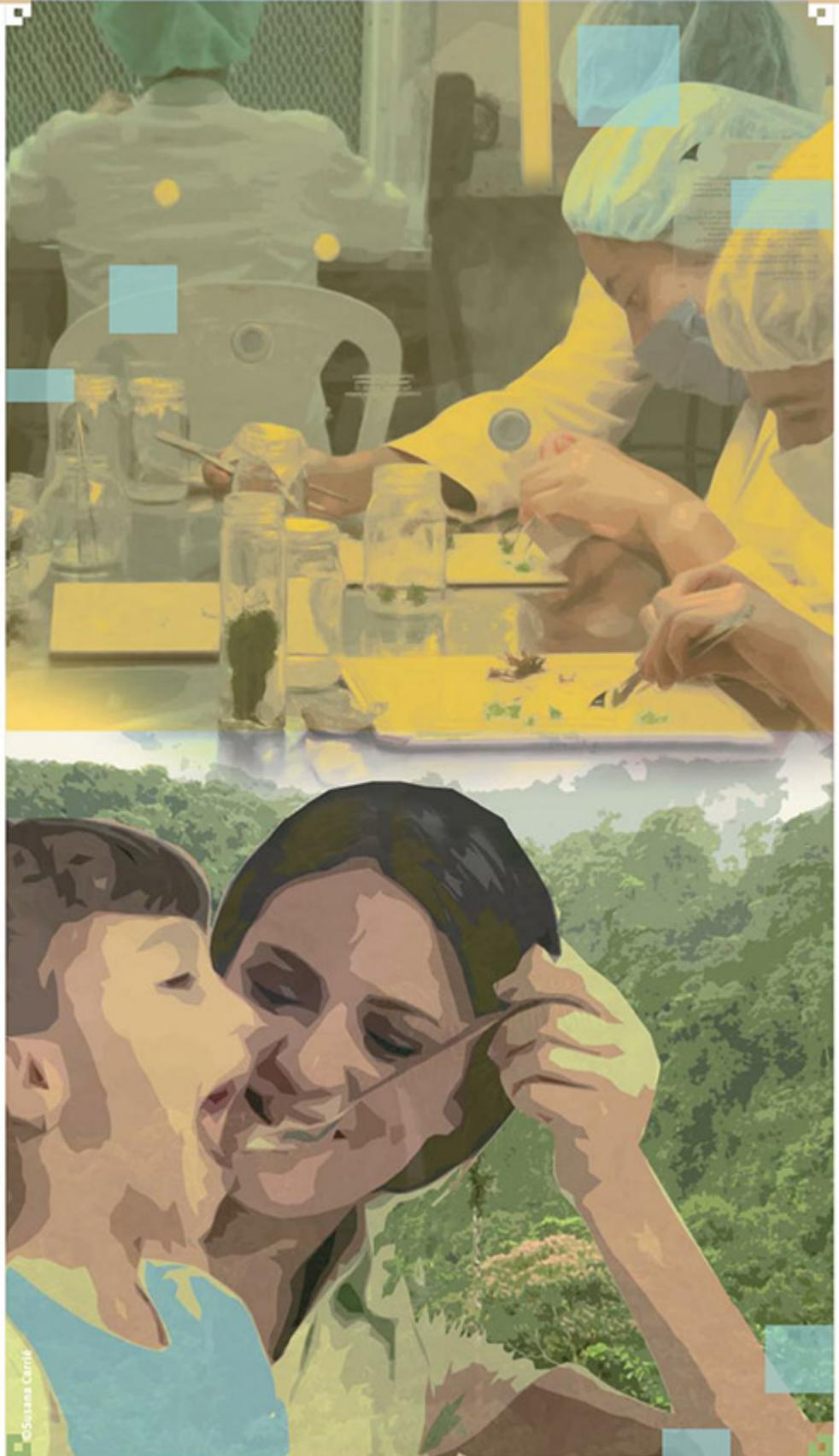
La cadena de valor involucra las etapas de investigación, desarrollo e innovación (en la cual juega un papel importante la Biotecnología); requiere de vigilancia tecnológica, búsqueda de nichos de mercado, legislación que regula el uso y aplicaciones, estudios financieros y económicos, y de todas las demás actividades necesarias para colocar un producto en el mercado. Mediante estos procesos es posible actualizar empresas que emplean tecnologías tradicionales, las cuales mejoran su competitividad y su eficiencia, también a través de innovaciones organizativas y de gestión. Se busca además crear nuevas empresas de base tecnológica como las Spin-Off eco-innovadoras debido a su desarrollo sostenible y sustentable. Resumiendo, el resultado deseado se logra mediante el trabajo interdisciplinario y comprometido de todos los actores en diferentes campos.

En este contexto, podemos contemplar la importancia de la Biotecnología, la cual presta una valiosa contribución como un acelerador del desarrollo y creatividad para proponer nuevos productos en el mercado durante el proceso de Bioprospección. En la gran mayoría de los casos toda esta revolución biotecnológica se inicia en los laboratorios científicos, en los cuales se obtiene el modelo biológico que tiene las características deseadas o la modificación de uno existente. La tecnología para producirlo industrialmente sufre una serie de pasos entre el laboratorio y la industria.

En el nivel de laboratorio se desarrolla la tecnología, se llevan a cabo los estudios de separación y purificación, se establece la pre-factibilidad técnico-económica y se inician las pruebas en animales y en invernaderos, cuando se trata de plantas. En el nivel piloto o *prototipo*, se definen las variables de escalamiento para el nivel industrial, se realiza la factibilidad técnico-económica, se inician las primeras pruebas clínicas en humanos y se toma la decisión para el diseño y montaje de la planta industrial. Durante todo el proceso la Biotecnología se integra con una cadena productiva que siempre estará enfocada en dar respuesta a una necesidad del mercado, y, como parte fundamental del proceso, las regulaciones jurídicas e inversiones económicas.

La biotecnología tradicional ha tratado de manipular las biomoléculas, células y organismos desde un punto de vista empírico; sin embargo, se puede observar el aporte de la ingeniería en los diferentes niveles de investigación. En el nivel de laboratorio, la Biotecnología desarrolla equipos de soporte para el trabajo de aislamiento y caracterización del crecimiento de los microorganismos. En los procesos de





©Susana Carril

escalamiento, las ingenierías han tenido un papel decisivo en la biotecnología. Así, podemos observar dos etapas de desarrollo:

La primera desde los años 1960 hasta 1980, tiempo en el cual se desarrollaron, entre otros, modelos cinéticos no estructurados de crecimiento, las cinéticas de mezclado en reactores, los sistemas de instrumentación y control en bioprocesos, los procesos de inmovilización de enzimas, el diseño de biorreactores y avances en la producción de proteína celular.

La segunda etapa, denominada fase de crecimiento, ha sido establecida entre los 1980 y 2000. El descubrimiento de la estructura del ADN recombinante (Watson & Crick, 1953) abrió la puerta para el ingreso a la biotecnología de segunda generación. Se desarrolló la nueva tecnología del DNA recombinante como aporte a la biotecnología; en esta etapa se desarrollaron y masificaron tecnologías emergentes como la producción de moléculas recombinantes en bacterias, los hibridomas, cultivos celulares, modelos moleculares, cromatografía de proteínas a gran escala, y proteínas, la ingeniería metabólica y la tecnología de biorremediación, entre otras. Por sí mismos, estos avances han revolucionado profunda y permanentemente la ingeniería bioquímica, definida como la ciencia que intercomunica la investigación en ciencias básicas en ingeniería para poder escalar los procesos biotecnológicos a un nivel industrial.

Con base en los avances realizados en los años 80 y 90, se generaron las primeras tecnologías con amplia producción de información y conocimiento (la secuenciación de ADN y la técnica de reacción en cadena de la polimerasa, PCR) (Bartlett & Stirling, 2003). En la actualidad, la biotecnología ha alcanzado un nuevo nivel de desarrollo, *la era postgenómica*, la cual, basada en la comunicación celular, los genes que se transcriben para sintetizar proteínas y producción de metabolitos (Dogma Central), ha estimulado la investigación de las ciencias ómicas (proteómica, transcriptómica y metabolómica, entre otras). Estas han demostrado que el sistema biológico va más allá del dogma central, con interacciones complejas entre las estructuras genéticas y proteicas y que existen diferentes niveles de control de expresión génica que aún no han sido completamente entendidos. El conocido como Dogma Central de la Biología Molecular fue enunciado por Francis Crick en 1958 (cinco años después de que revelase la estructura de la doble hélice), y establece que la información genética fluye en la dirección ADN→ARN→proteínas:

Éste [el Dogma Central] plantea que una vez la "información" ha pasado a la proteína no puede volver a salir. En más detalle, la transferencia de información de ácido nucleico a ácido nucleico, o de ácido nucleico a proteína es posible, pero la transferencia de proteína a proteína, o de proteína a ácido nucleico es imposible. Información significa aquí la determinación precisa de la secuencia, de bases en el ácido nucleico o de residuos de aminoácidos en la proteína (Crick, 1958, p. 153).

Todos estos descubrimientos y avances han llevado a la biotecnología a nuevas aplicaciones como la terapia génica, la farmacogenómica, la obtención de biocombustibles y biomateriales, la producción de biofertilizantes y la utilización de cultivos con organismos genéticamente modificados. Estas nuevas aplicaciones, junto con la presente situación sociopolítica y ambiental mundial han mostrado las limitaciones que tiene la biotecnología tradicional y han presionado por el nacimiento y desarrollo de una nueva estructura industrial mundial enfocada en las tres áreas biotecnológicas principales: medicina o biotecnología roja, industria química ó biotecnología blanca, y agrícola o biotecnología verde. Esta tecnología del futuro debe disminuir la dependencia mundial al petróleo, encontrar en los recursos renovables cómo, por ejemplo, los materiales celulósicos constituyen una nueva fuente de energía, y materia prima para la industria, que permiten aprovechar las ventajas ambientales que ofrece la implementación a gran escala de procesos de producción biotecnológicos. Esta exigencia ha planteado la necesidad de desarrollos tecnológicos de mayor envergadura, que deben partir de una aproximación integral del conocimiento al relacionar de manera sinérgica las diferentes áreas del saber como la ingeniería, específicamente en las áreas de la informática, la robótica, la electrónica, la mecatrónica, la teoría del control y la nanotecnología, con las ciencias puras tradicionales como son la física, la química, la biología, las matemáticas, etc.



El inicio de una tercera etapa plantea nuevos desafíos para dilucidar los secretos que se ocultan en el entendimiento de las complejas redes bioquímicas (Vasic-Racki, 2006). Este trabajo requiere no solo una lista de las “partes”, como es la información suministrada por ejemplo, con el secuenciamiento del genoma, sino que es necesario conocer cómo las partes operan juntas, cómo los genes y proteínas modifican su comportamiento, cómo forman circuitos análogos a semejanza de los sistemas electrónicos, entre otros. Este entendimiento profundo y detallado de los procesos celulares ha sido definido como el sistema biológico (*systems biology*). Este sistema se basa fundamentalmente en el desarrollo de nuevas herramientas tales como sistemas complejos de modelos computacionales, bioinformática y técnicas experimentales para explorar la expresión de genes, así como el conocimiento de sistemas complejos en biología y la biología sintética (Arkin, 2008).

## Retroalimentación permanente con la problemática social

Esta nueva revolución tecnológica afectará la forma en que vivimos, por lo cual también se necesita la intervención de las ciencias humanas por medio de la filosofía, el derecho, la educación y la economía, procurando el desarrollo sostenible en armonía con la biodiversidad y el medio ambiente, y fortaleciendo áreas y ocupaciones emergentes como la bioseguridad, la bioética, la bioeconomía, la bioeducación y la biopolítica. Dado el vasto mundo de la biotecnología y sus aplicaciones, es prioritario desarrollar un plan estratégico que nos permita unos derroteros claros para alinearnos en torno a necesidades y prioridades del país y que posean impacto económico y bienestar social.

Para concluir, se precisa que el hilo conductor en la formulación e implementación de proyectos sea una actitud —y una dinámica— que hará que en su desarrollo se puedan tomar decisiones colectivas. Sólo así será posible la ineludible búsqueda de pertinencia y correspondencia con el entorno. Así, el aprendizaje se ha difundido mucho más allá del universo de los investigadores y se ha extendido a todos los niveles de la vida económica y social. Entre las nuevas tecnologías, la biotecnología y las ciencias de la vida son las más prometedoras por su influencia para abordar grandes problemas, por su capacidad de desarrollar productos para varios sectores de la economía de manera sostenible y eco-innovadora. Estas oportunidades son para todos los países del mundo, ya sean ricos o pobres.

## La Empresa Biocultivos S.A., empresa Spin-Off eco-innovadora: Una experiencia de Bioprospección en alianza Universidad-Empresa del Grupo de Investigación en Bioprocesos y Bioprospección del IBUN

El proceso de investigación, desarrollo y puesta en marcha de la Empresa Biocultivos S.A., empresa Spin-Off eco-innovadora, fue creado en alianza con empresarios del sector agrícola y la línea de bioinsumos del Grupo de Bioprocesos y Bioprospección del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia (IBUN). Biocultivos S.A. ha sido eco-innovadora desde su concepción, tanto en la producción y comercialización de bioinsumos agrícolas, bajo el logo “*vida para el campo*”, como en sus estrategias de mercadeo. De acuerdo con Gonzalo Sarmiento, Gerente de Biocultivos S.A., “los cultivadores de arroz obtienen un 20% más de ganancias cuando usan nuestros productos”; y lo demuestra con resultados de pruebas de campo en 100.000 hectáreas de arroz y con testimonios de los cultivadores.

¿Cómo se desarrolló esta empresa Spin-Off? Biocultivos S.A. puso a prueba el famoso triángulo Universidad-Empresa-Estado (Figura 1) y le sumó además el gremio de cultivadores de FEDEARROZ. Cada uno de los actores fue ingresando en la medida en que lo requería el proceso. En fase de laboratorio, inician dos actores: Universidad-Empresa. En esta primera etapa se establecieron acuerdos de confidencialidad, reconocimiento de la experiencia y conocimiento de cada uno, se constituyó el comité técnico y estratégico entre la Universidad-Empresa, se definieron las reglas de propiedad

intelectual y regalías, todos debidamente legalizados en las dos instituciones. Durante este período, se realizaron pruebas en invernadero, se trabajó arduamente con FEDEARROZ para supervisar el diseño y seguimiento de las mismas, y así garantizar la confiabilidad de los resultados. Cuando fue necesario hacer las pruebas de campo, el Instituto Colombiano Agropecuario —ICA— entró en el proceso, ya que se requerían volúmenes de producción en el nivel de planta piloto, de manera que el ICA diseñó una estrategia para acreditar plantas piloto de bioinsumos en el país, razón por la cual se pudo certificar la planta piloto del IBUN. También contribuyó con el seguimiento de las pruebas de campo, y orientó a la Empresa para cumplir con los requisitos necesarios para el registro de los nuevos productos. En la fase piloto, la Universidad determinó las variables técnicas para el escalamiento industrial y la empresa hizo el estudio de factibilidad económica.

La decisión de pasar al nivel industrial no fue fácil. El diseño de una planta con normas GMP y, además, modular para expansión de acuerdo con las necesidades del mercado era costoso; se acudió entonces a recursos del Departamento Administrativo de Ciencia y Tecnología —COLCIENCIAS— para terminar la formulación y diseñar la planta. Con recursos de Biocultivos S.A. se llevó a cabo el montaje de la planta, aunando los esfuerzos de la Universidad y la Empresa, y a finales del 2009 se puso en marcha la planta industrial, que en este momento funciona en la ciudad de Ibagué. Se crearon veinticuatro puestos de trabajo altamente cualificados y quince técnicos sobre los cuales se sostiene la economía de la Empresa. Biocultivos S.A., además, estableció una comercialización innovadora. La empresa no vende productos, vende soluciones para dar vida al campo. Se construyó un laboratorio de análisis de suelos en la empresa para recibir las muestras de los productores de arroz y, de acuerdo con las calidades del suelo, el departamento técnico de la empresa asesora a los cultivadores para aplicar los productos y determinar el impacto de su uso en cada cultivo.

Durante este proceso se estableció la tecnología con ingenieros bioquímicos y la fusión y el trabajo de investigadores en microbiología, genética microbiana, agrónomos, como una respuesta a la urgente necesidad de solucionar problemas que nunca antes se habían presentado, en el escalamiento, como la oxigenación y mezclado para la producción. En todos los niveles de escala, los investigadores básicos y los ingenieros, liderados por la Profesora Nubia Moreno, aportaron desarrollos en modelos cinéticos no estructurados de crecimiento, las cinéticas de mezclado en reactores, los sistemas de instrumentación y control y simulación de procesos. También tuvieron un papel decisivo en el diseño de los biorreactores, y en el modelamiento, control y estudio de variables críticas del proceso. Así mismo,



Figura 1.

Transitar del laboratorio a la industria, en Biotecnología, requiere cumplir cada una de las etapas descritas. La primera etapa permite avizorar los productos, proyectarlos y anticiparse a los desarrollos de nuevas moléculas.



Figura 2.

Aquí se describen los actores y etapas en las cuales se fueron involucrando en el proceso. Biocultivos S.A. y la Universidad continuaron con la puesta en marcha de la planta industrial.

se conformó un equipo de ingenieros para el montaje y puesta en marcha de la planta industrial. En este momento, la Universidad participa en el seguimiento de la calidad de los productos. El diseño y desarrollo de nuevos productos que se realicen en la Universidad serán objeto de otra negociación, ya sea con Biocultivos S.A. o con otras empresas.

Como se puede observar en la figura 2, además de la empresa y la Universidad se lograron alinear todos los actores del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, de acuerdo con la definición de Freeman (1987) ya expuesta en la primera parte de este documento. Esta experiencia para nosotros fue constructiva, puesto que aprendimos que solo el trabajo interdisciplinario, respetuoso y organizado de todos los actores tiene un efecto sinérgico que permite el desarrollo individual y el crecimiento colectivo, si se tiene muy claro el propósito común de desarrollar productos para establecer y comercializar soluciones para los productores agrícolas, para dar vida al suelo y mejorar el bienestar social de los cultivadores.

## Referencias

- Arkin A. (2008), "Setting the standard in synthetic biology", *Nature Biotechnology* (26: 771 – 774), doi: 10.1038/nbto708-771
- Bartlett & Stirling (2003), "A short history of the polymerase chain reaction", *Methods Mol Biol.* (226:3-).
- Crick F.H.C. (1958), "On Protein Synthesis", *Symp. Soc. Exp. Biol.* (XII: 139-163).
- Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC, 2007), *Preliminary overview of the economies of Latin America and the Caribbean*, Disponible en: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/31994/lcg2355i.pdf>

- Freeman C. (1987), *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*, London Printer.
- Freeman C. (1995). "The 'national system of innovation' in historical perspective", *Cambridge Journal of Economics*, (19: 5-24).
- Gelsing L. (2010), "Innovation and the development of industrial networks in the national system of innovations", in Lundvall, BÅ (ed.), *National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning*, London, New York, The Anthem Other Cannon Series Publishers.
- Inter-American Development Bank (2010), *Science, technology and innovation in Latin America and the Caribbean: A statistical compendium of indicators 2010*, Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35384423>
- National Science Board (2010), *Science and Engineering Indicators 2010*, Arlington, VA, National Science Foundation (NSB 10-01).
- Nelson R.R. (1993) (ed.), *National innovation systems: A comparative analysis*, New York, Oxford University Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD, 2007), The OECD experience with biotechnology measurement. Workshop on statistics and measurement, Brigitte Van Beuzekom, Paris, noviembre 14 , Disponible en: <http://www.oecd.org/sti/scienceandtechnologypolicy/40049843.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2010a). *Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe*, Guillermo A. Lemarchand (editor), Montevideo, Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/59322281/UNESCO-Sistemas-nacionales-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion-en-America-Latina-y-el-Caribe>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO, 2010b), *Unesco Science Report 2010: The current status of science around the World*, Paris, France, Unesco Publishing. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/52690665/UNESCO-Science-Report-2010-The-Current-Status-of-Science-Around-the-World-9789231041327>
- Vasic-Racki D. (2006), "History of Industrial Biotransformations – Dreams and Realities", in *Industrial Biotransformations*, Second Edition (eds. A. Liese, K. Seelbach and C. Wandrey), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, FRG. (Ch. 1: 1-36), doi: 10.1002/9783527608188.ch1
- Watson J.D. & Crick F.H.C. (1953), "A structure for deoxyribose nucleic acids", [PDF], *Nature*, **171** (4356): 737–738.





# Sistema General de Investigaciones (SGI) de la Corporación Universitaria Remington (CUR)



**L**a Corporación Universitaria Remington (CUR) tiene luz verde a través de la Resolución 2661 del 21 de junio de 1996 oficializada por el Ministerio de Educación Nacional (MEN). Fue también el inicio, entre varios sueños y retos de los fundadores y directivas de la CUR, del fortalecimiento de la investigación con impacto social. Sus esfuerzos se orientaron a la creación del Sistema General de Investigación (SGI) de la CUR, el cual fue formalizado mediante la Resolución 06 del 26 de junio de 2011. Su énfasis: la investigación debe ser aplicada para la solución de problemas específicos en la realidad social, ambiental y económica del país.

## Políticas

Las políticas principales del Sistema son: 1) la aplicación y articulación de los diferentes modelos de investigación: la formativa, la aplicada y la experimental; 2) el propiciar el vínculo entre investigación, docentes, estudiantes y egresados; 3) la vinculación a redes del conocimiento; 4) los incentivos a participación en investigación; 5) el estímulo y apoyo a la realización de proyectos de investigación de los grupos, semilleros y otros grupos de interés; 6) la promoción de la investigación para los profesionales en formación en los diferentes programas académicos; 7) la difusión de la investigación académica y científica a nivel nacional e internacional; y 8) la evaluación sistemática de los procesos y productos de la investigación.

## Estructura organizativa

La estructura organizativa y el funcionamiento de la investigación en la institución tiene los siguientes niveles: 1) Rectoría, 2) Vicerrectoría Académica, 3) Dirección General de Investigaciones (Dicur), 4) Coordinadores de Dicur (Proyectos, Semilleros, Publicaciones, Corrector de Estilo), 5) Auxiliar Administrativa.

Cada uno de estos niveles tiene funciones claramente establecidas. La Dirección General, además, se apoya en diversos comités: General de Investigación, Editorial Institucional, y de Propiedad Intelectual y Nuevas Tecnologías.



## Centros, grupos y semilleros de investigación

Con el fin de facilitar la administración de la investigación desde la Dirección General, en las facultades se han creado los centros, los grupos y los semilleros de investigación. Funcionalmente, los centros propician y motivan en los diferentes programas la actividad en ciencia, tecnología e innovación; velan también por el desarrollo efectivo de los procesos de investigación en los programas académicos y promueven la conformación de grupos y semilleros de investigación; así mismo, supervisan que la política institucional, en términos de investigación, se cumpla en cada una de las facultades y sus carreras.

Por su parte, los Grupos de Investigación, 10 en la actualidad, están vinculados a las diferentes facultades y avalados por la institución ante Colciencias; cinco de ellos se encuentran clasificados en la Categoría D y dos más están en la categoría "Reconocidos". La CUR ha financiado cerca de 35 proyectos en el período 2011-2012 a estos grupos en mención. Es de anotar que, para todos los procesos relacionados con grupos y los proyectos de investigación, Dicur se apoya en la coordinación de proyectos.

Paralelamente, los Semilleros de Investigación configuran la estrategia para fortalecer la cultura de la investigación entre los estudiantes. Surgen en la dinámica propia de los Grupos de Investigación a partir de las 23 líneas en las cuales desarrollan su actividad académica y científica. Hoy contamos con 27 semilleros en la CUR, además de otros dos interinstitucionales. Desde la Coordinación de semilleros se busca su fortalecimiento y se apoya su participación en redes del conocimiento.

## Proceso editorial

La Dirección General de Investigaciones (Dicur), a través del Comité Editorial Institucional (CEI), evalúa, publica y divulga la producción científica, académica, artística o cultural de los miembros de la comunidad académica y de autores externos, cuyo aporte se considere que pueda tener un beneficio para la sociedad y la institución, bajo los criterios de calidad editorial, estabilidad editorial y visibilidad. Se publican, entre otros, libros derivados de procesos de investigación y manuales para la enseñanza que complementen los módulos académicos de las asignaturas (por ejemplo, manuales de laboratorio). Para el efecto, se cuenta con una Coordinación de publicaciones, desde la cual se controla todo el proceso editorial de las obras; así mismo, hay un Corrector de estilo institucional, quien orienta a los autores frente al manejo adecuado del idioma español, acorde al tipo de publicación y el canal de divulgación. Desde 2010 hasta la fecha, se han publicado con el sello del Fondo Editorial Remington 30 libros de interés académico y tres libros de investigación. Adicionalmente, a través del Fondo se ha gestionado la publicación de *Acierto* (revista académica y científica) y *Pensamiento y Poder* (publicación científica de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas), clasificada esta última en Publindex en la Categoría C.



## Eventos

El SGI contempla fortalecer las competencias en investigación y por ello se han establecido de manera regular los Seminarios Permanentes de Investigación, los Encuentros Nacionales de Investigadores, los Encuentros Internos de Semilleros, y los Diplomados en Investigación. Además, se ha instado a los investigadores a participar en redes del conocimiento como Expedición Antioquia, Renata, Red de Editores de Revistas Académicas y Científicas, ACIET, RedCOLSI, entre otras.

En conclusión: el Sistema General de Investigación le ha dado un rumbo e identidad a los procesos investigativos en la Corporación, y el crecimiento institucional, en este aspecto, ha dependido del compromiso de cada uno de los estamentos de la institución desde sus inicios con una vigencia actual y un reto en la evolución que hoy desarrolla la Corporación Universitaria Remington.

La Remington, casi 100 años transformando la Colombia del mañana.



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

Síguenos en  /URemington  @Remington\_Edu

PBX: (4) 511 10 00



CORPORACIÓN  
UNIVERSITARIA  
**REMINGTON**



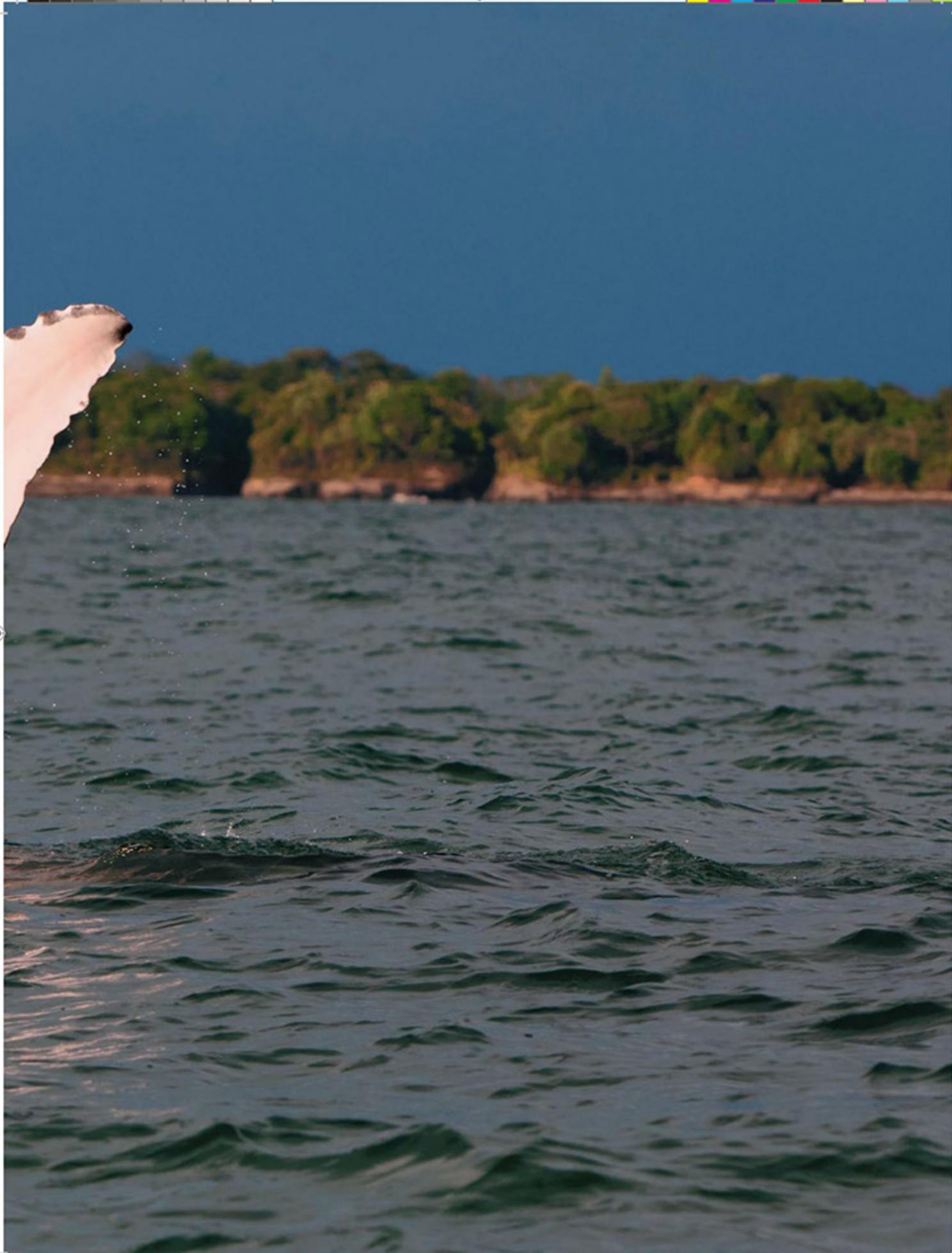
## BALLENAS YUBARTA O “JOROBADAS”

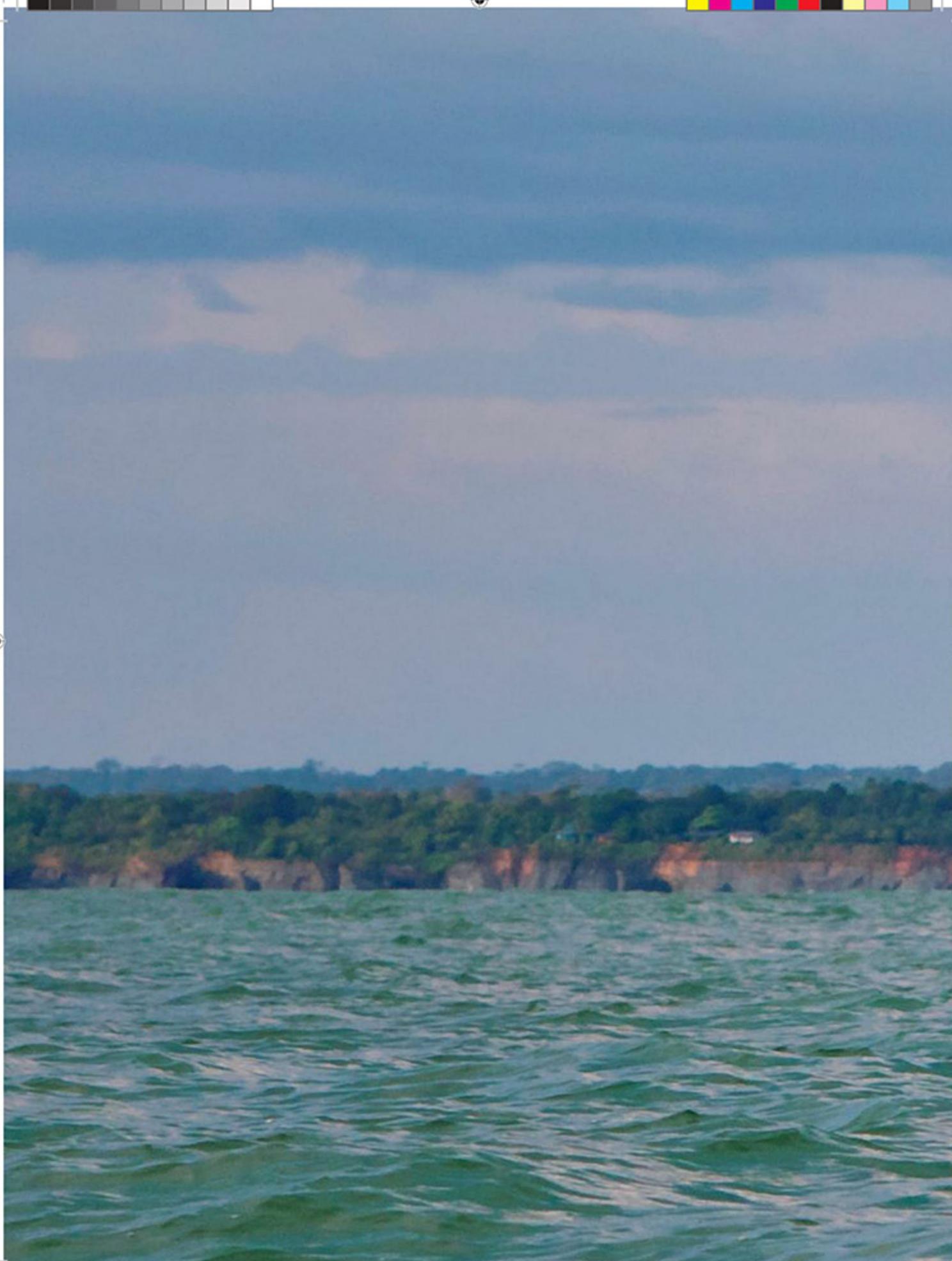
En el Parque Nacional Uramba, ubicado en el Pacífico vallecaucano, más exactamente en Juanchaco, llegando a “Negritos”, emergió del mar una gran figura gris rayada de unas dieciocho toneladas, dejándonos a los quince tripulantes de la lancha Villa Grace boquiabiertos. Logré capturar estas imágenes que comparto con ustedes. “Angelita jorobada” bauticé a mi ballena en la euforia del momento, porque fue como un ángel que se cruzó en mi camino en la inmensidad del Pacífico colombiano.

FOTOGRAFÍAS DE JAIME ARTURO HENAO FRANCO

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









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

# Sitios web



## Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS)

[www.cirs.net](http://www.cirs.net)

Creado en 1998. Su objetivo es la promoción y la difusión de la investigación y de la cultura científica. El CIRS ha creado en 1999 un portal en Internet de sitios científicos y la totalidad de las informaciones presentadas es gratuita.

Los sitios de internet del CIRS ofrecen, además de Información científica de actualidad, anuarios internacionales de investigadores, de revistas científicas en línea y de premios de ciencias, entre otros. Las disciplinas científicas que cubre son: Ciencias de la Vida, Ciencias de la Tierra, Física, Matemáticas, Astronomía, Química, Arqueología, Antropología, Medicina, Tecnología e Informática.



2.

## DnAtube

<http://www.dnatube.com/>

Portal de videos de divulgación científica con más de 5.000 títulos sobre: matemáticas, bioquímica, física, genética, arqueología y demás disciplinas. Es importante saber que es un portal colaborativo, por lo tanto es necesario tener cuidado con los detalles de la información consignada pues todo usuario registrado puede subir sus videos.



3.

## National Aeronautics and Space Administration of USA

<http://ciencia.nasa.gov/>

Portal donde se encuentran artículos y noticias sobre Ciencias espaciales, Astronomía, Astrofísica, Ciencias de la Tierra o Ciencias físicas.

4.



## BBC Mundo en español

<http://www.bbc.co.uk/mundo/temas/ciencia/>

Este portal es la versión en español del original portal de noticias y artículos científicos de la BBC de Londres. Una de sus características más interesantes es que se actualiza todos los días.

5.



## Centro de Investigación e Innovación en Energía –CIEN–

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

Producto de un convenio colaborativo de largo plazo, Alianza Estratégica, entre EPM y las universidades de Antioquia, Pontificia Bolivariana, Nacional —sede Medellín— y el Instituto Tecnológico Metropolitano, para el estudio, monitoreo y experimentación con tecnologías de aprovechamiento energético, bajo el concepto I+D, estructurado desde una propuesta dinamizadora de conocimiento, innovación tecnológica y crecimiento conjunto.

# 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.

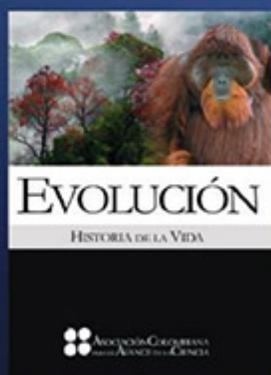
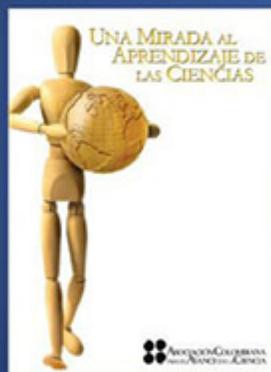
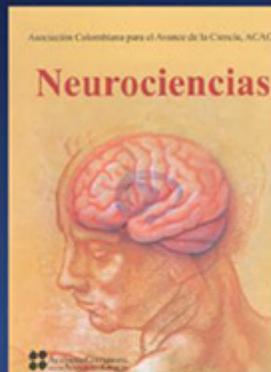
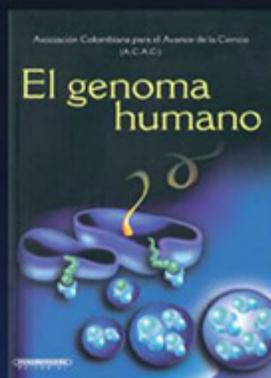
## Evolución - Historia de la Vida

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>
DESCUENTO POR LA COMPRA DE LOS CUATRO (4) LIBROS	\$ 28.000
DESCUENTO ADICIONAL PARA ASOCIADOS POR LA COMPRA DE LOS CUATRO (4) LIBROS	\$ 16.000

## Informes

Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC  
Calle 44 N° 45 - 67 Bloque C Módulo 3 Unidad Camilo Torres  
Tele. 221 4631 315 4009 221 9953 PBX 315 5900 Ext. 124 108 113  
E-mail: innovacionyciencia@acac.org.co; mercadeo@acac.org.co  
Bogotá Colombia





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

Si aún no pertenece a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, lo invitamos a unirse a nosotros para generar propuestas de cambio para el beneficio de la nación.

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