



# Innovación y Ciencia

Volumen XV • N° 2 • 2008 • Tarifa postal reducida 2008-194 • Colombia \$12.000



[*áce-áce*]

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

ACAC desarrolla diversos programas  
cuyos fines son

**integrar** a la comunidad científica

y reforzar su compromiso con el  
estudio de los problemas del país,

**difundir el conocimiento científico**

promover y apoyar la

**investigación Científica y Tecnológica**

e impulsar programas de apropiación social

de Ciencia y tecnología.

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

***www.acac.org.co***



VOLUMEN XV N° 2

**JUNTA DIRECTIVA ACAC**

Eduardo Posada Flórez  
Raúl Joya O.  
Rubén Ardila A.  
Guillermo Hoyos V.  
Carlos Corredor P.  
Marcelo Riveros R.  
Elena Stashenko  
Horacio Torres S.  
Helena Groot

**CIDEIM**

**ACCEFYN**

Centro interactivo MALOKA

**PRESIDENTE**

Eduardo Posada Flórez

**DIRECTORA EJECUTIVA**

Carmen H. Carvajal López

**COORDINACIÓN EDITORIAL**

Germán Cubillos Alonso

**ASISTENTE EDITORIAL**

María Carolina Suárez S.

**COMITÉ EDITORIAL**

Eduardo Posada Flórez  
Carmen H. Carvajal López  
Carlos Corredor P.  
Guillermo Hoyos V.  
Andrés Pérez  
Horacio Torres S.  
Elizabeth Castañeda

**EDITOR CIENTÍFICO INVITADO**

Diego Andrés Rosselli Cock

**CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL**

León Lederman

Isabel Llano

Rodolfo Llinás

**PRODUCCIÓN Y DISEÑO**

Editorial El Malpensante S.A.

**CORRECCIÓN DE ESTILO**

Guillermo Díez

**FOTOGRAFÍA**

Eduardo Carvajal, autores  
y banco de imágenes

**ILUSTRACIÓN**

Mateo Rojas Borrero

**IMPRESIÓN**

Panamericana Formas e Impresos S.A.

**COMERCIALIZACIÓN**

Departamento mercado ACAC

**DISTRIBUCIÓN**

Distribuidora Unidas



**CARÁTULA**

????

*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 publicación de cada edición.

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

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

ISSN 0121-5140

Tarifa postal reducida No. 2008- 194 de Servicios Postales Nacionales

Vence: 31 de diciembre de 2008

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

Teléfonos: 3150734 – 3155900

Fax: 2216950

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

Bogotá, D.C. – Colombia

Precio de venta al público: \$12.000

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

\$50.000 fuera de Bogotá

● **editorial** ..... ● 6

▲ **vistazos** ..... ▲ 8

■ **notas breves**  
*Un paradigma en evolución: evo devo*  
Rafael Antonio Forero Molano. .... ■ 12



● **biología**  
*Aplicación biotecnológica de la toxinología:  
la importancia del veneno de escorpiones  
y la secreción cutánea de anuros*  
Jimmy Alexander Guerrero Vargas, Michelle da Silva Libério  
y Mariana de Souza Castro ..... ● 16



La toxinología es la disciplina que se encarga del estudio de los venenos de origen biológico y sus aplicaciones; estas aplicaciones de las moléculas aisladas de diferentes venenos están dirigidas hacia la elaboración de nuevos fármacos con actividad antimicrobiana, antitumoral, biopesticida, etc., o ser usadas como herramientas para ampliar el conocimiento de otras moléculas como las proteínas de los canales iónicos de membranas celulares.

▲ **astronomía**  
*¿Dónde está E.T.?  
La búsqueda científica de vida extraterrestre  
Parte 2. La búsqueda*  
Jorge Iván Zuluaga. .... ▲ 26



Presentamos en este segundo artículo los hallazgos concretos realizados por la ciencia durante esta última mitad de siglo de investigaciones exobiológicas, y la conclusión (desilusionante por ahora) que se sigue de esos mismos resultados.

# Sumario

Innovación y Ciencia • Volumen XV • N° 2 • 2008

## ● educación

*Hacia la calidad y pertinencia en la formación para el trabajo*

**Liliana González Ávila**.....

36

Aplicación de la recomendación 195 de la OIT sobre formación para el trabajo y muestra. La consolidación del Sistema Nacional de Formación para el Trabajo y su sistema de certificación de la calidad. El enfoque de competencia laboral y la construcción de un sistema educativo integrado. Implicaciones del enfoque de competencia laboral en la oferta de formación para el trabajo.



*Escrituras en pantalla y trabajo pedagógico*

**Nancy Agray Vargas**.....

42

Uno de los últimos libros de Alejandro Piscitelli (2005), Internet, la imprenta del siglo XXI, es absolutamente sugerente y revelador de datos ocultos detrás de las prácticas cotidianas relacionadas con las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.



## ■ química

*Laboratorio químico moderno, donde la química y la física se abrazan*

**Jairo Peláez Rincón**.....

52

El laboratorio químico moderno ha evolucionado desde el uso de la química tradicional (química húmeda), con todos los materiales que ella requiere, a la utilización de equipos pertenecientes al campo de la física. Esto ha impactado la forma de trabajar del químico y el aspecto de los laboratorios dedicados a esta disciplina.



*El efecto loto: inspiración para la nanotecnología*

**Edgar González**.....

56

La escasa adherencia y fricción del agua depositada sobre ciertas superficies de origen biológico se ha convertido en una fuente de inspiración para la manufactura de materiales nanoestructurados con autonomía de limpieza y protección.



## ● ver para conocer... conocer para preservar

64

## ▲ reseñas

65

## ■ sitios web

69

## Controlar con sabiduría el impacto de la ciencia

**E**n los últimos tiempos han ocurrido en el mundo manifestaciones de la naturaleza de proporciones catastróficas. El terremoto en la China y el temblor en Colombia; las inundaciones en algunos países y las sequías en otros; los tornados y huracanes que empiezan a manifestarse por doquier. Si a todo ello le sumamos una situación económica compleja que, aunque originada al parecer en la crisis hipotecaria en Estados Unidos, ha involucrado en los últimos meses una vertiginosa alza en el precio del petróleo y un no menos acelerado incremento en el de las materias primas, especialmente de los alimentos, podemos afirmar sin temor a equivocarnos que el planeta enfrenta hoy una de las más serias crisis de su historia.

Si bien una parte de los hechos anteriores tiene un origen estrictamente natural, otra tiene mucho que ver con la actividad humana y, particularmente, con el calentamiento global, resultante de las emisiones de gas carbónico y metano asociadas al consumo de combustibles fósiles. Hay que reconocer que la actividad industrial, resultado en buena parte del desarrollo de la ciencia a lo largo de los siglos XIX y XX, es responsable del incremento de esas emisiones. Pero también es cierto que no es la única causa del cambio climático actual, en el cual inciden múltiples y complejos factores. Lo que sí es claro es que la ciencia, gracias a los extraordinarios desarrollos de los últimos cincuenta años, es la que ha permitido detectar esos fenómenos y explicar sus causas.

El vertiginoso crecimiento económico de la China o la India, que juntos representan más del treinta por ciento de la población mundial, con el consiguiente incremento en el consumo en energía y alimentos de sus habitantes, va a necesitar a corto plazo enormes esfuerzos para incrementar la productividad mundial.

La solución de los problemas relacionados con lo anterior, requiere tener en cuenta múltiples factores entre los cuales los aspectos políticos y económicos son fundamentales. Sin embargo, es utópico pensar que se puedan resolver de manera adecuada sin un enorme esfuerzo científico y tecnológico. El desarrollo de energías alternativas, solar, eólica y mareomotriz o la puesta a punto de los biocombustibles, son imposibles sin grandes inversiones en investigación y desarrollo. La más probable solución a los problemas energéticos a mediano plazo está en la fusión controlada, fuente de energía limpia y prácticamente ilimitada, que es imposible lograr sin la participación de físicos expertos en láseres o en plasmas de alta temperatura.

Del mismo modo, el incremento urgente de la producción agrícola o la cura de enfermedades tropicales, necesitan grandes avances en biología molecular y biotecnología y son indispensables para garantizar una adecuada calidad de vida a la población de los países en vía de desarrollo.

Todo lo anterior implica no sólo mantener sino incrementar considerablemente la inversión mundial en investigación y desarrollo, como lo sugería recientemente un grupo de investigadores del NHI cuando afirmaban que para mantener su competitividad, los Estados Unidos deberían incrementar su inversión en I&D a un sorprendente 12% (!) del PIB, en lugar del actual 3%.

Sobra decir que Colombia no puede ser extraña a las preocupaciones de un mundo cada vez más globalizado; es ilusorio creer que podamos tener futuro como país sin incrementar nuestra capacidad de producir y aplicar conocimiento, lo cual requiere incrementar nuestra inversión en I&D mucho más allá del 1% del PIB que se está proponiendo actualmente. Tenemos que convencernos de que este esfuerzo es indispensable para dejar de estar siempre apagando incendios y dar soluciones de largo plazo a los graves problemas que crónicamente nos aquejan.

**EDUARDO POSADA FLÓREZ**

Presidente

**CARMEN HELENA CARVAJAL**

Directora ejecutiva



**BANCOLDEX**

*El Banco para el desarrollo empresarial y el comercio exterior*

VIGILADO SUPERINTENDENCIA FINANCIERA DE COLOMBIA



# ***aProgresar*** ***Gestión Empresarial***

La formación gerencial  
para progresar

Línea nacional de servicio al cliente Multicontacto Bancóldex  
Bogotá: (57-1) 649 7100 - Otras ciudades: 01 8000 91 5300

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



# Vistazos



● Mateo Rojas, ilustrador.

## EL MAL DE CHAGAS TIENE NOMBRE Y APELLIDOS: POBREZA

### Pilar Mateo

Licenciada en ciencias químicas y empresaria, explicó durante la sesión de mayo del ciclo *Las mujeres también investigan* su dedicación a la lucha contra el mal de Chagas en América Latina. La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) organiza este ciclo mensualmente en el Instituto Internacional, para acercar el trabajo de investigadoras de prestigio en su campo al gran público. En esta ocasión, Victoria Toro, periodista y divulgadora, entrevistó a Pilar Mateo, doctorada en ciencias químicas y empresaria, conocida por crear la pintura *Inesfly*, producto capaz de combatir con éxito el mal de Chagas, enfermedad mortal asociada a la pobreza y transmitida por un insecto que amenaza al 25% de los habitantes de América Latina.

Pilar Mateo comenzó su intervención hablando de sus inicios como

investigadora en la empresa familiar. “Mi padre tenía una empresa de barnices para madera en un pueblecito de Aragón, y qué mejor que su hija fuera química y jefa de los laboratorios. Siempre he ido compaginando mi vida de formación con un poco de apoyo a la empresa de mi padre”, declaró Mateo. “No se le había ocurrido a nadie mezclar insecticida y pintura. Empecé con pintura insecticida, que funcionaba bien, pero en el laboratorio. Los insecticidas tienen tendencia a crear resistencia, así se vende más también, pero lo que necesitaba hacer era un control regular del ciclo de los insectos y tratarlo desde ese punto de vista para no crear resistencia”.

En 1995, un médico boliviano le pide ayuda para combatir el mal de Chagas, enfermedad endémica de algunos países de América Latina que afecta a unos 25 millones de personas, estando otros 100 millones en riesgo de contraerla. “Volvió a intervenir la Providencia; había un médico boliviano que estaba en Valencia investigando sobre esto, me dijo que su pueblo se moría,

y me fui a Bolivia a vivir la experiencia que había allí”, afirmó Pilar. “Me pilló en la época del Niño. No había carreteras. Cuando llegué me encontré con que no había paredes en las que poder pintar, entonces encontré una planta; y cortabas los pinchos y soltaba resina, y empezamos a hacer paredes. Más tarde conseguí una pintura que era efectiva”.

Aprovechando sus experiencias investigadoras previas, diseñó *Inesfly* IGR, una pintura resinosa que incorpora inhibidores de quitina o reguladores de crecimiento, ecológicamente aceptable, que resulta ser eficaz para controlar directamente la presencia de artrópodos y, por tanto, las enfermedades que éstos transmiten.

“Cuando alguien se encuentra con un insecticida en el ‘super’ nadie se preocupa si es tóxico o no, pero si hablas de tratar enfermedades es diferente”, afirmó Pilar, que también tuvo la oportunidad de transmitir al auditorio con imágenes, y por su amplia experiencia, el proceso de cómo actúa la *vinchuca*. “El chinche necesita chupar sangre para desarrollarse y pasar por sus cinco estadios diferentes de crecimiento. Antes se alimentaban de animales silvestres pero los indígenas colocaron sus casas en las zonas pobres y lo incorporaron a sus paredes. Este chinche tiene un parásito en sus heces y cuando te pica, a la vez que chupa sangre, expulsa heces, y ahí está el parásito. La persona se rasca y el parásito se aloja en el corazón”, explicó Mateo. “Es necesario que el conocimiento aterrice y ver la parte científica del sur. No hay que hablar de la enfermedad desde el punto de vista del conocimiento, sino desde el punto de vista de la pobreza. Que el conocimiento se ponga al servicio de los demás”.

El mal de Chagas se transmite en un 85% por intervención directa del



## Seminario Ciencia y Agricultura Tropical para el siglo XXI

**Productividad, calidad y sostenibilidad,**  
un compromiso con los  
caficultores colombianos.





# Vistazos

chinche; el otro 15%, en transfusiones de sangre o de madres a hijos. “El doctor Chagas decía que el mal estaba en las casas indignas de América Latina, por no hacer nada por la población más pobre. La pintura funciona, pero se hubiesen reducido mucho las muertes si se hicieran viviendas dignas”, afirmó Mateo.

“Si no ayudamos a los países del sur, las enfermedades viajan en este mundo globalizado y ya no hay remedio si no se ha trabajado en las comunidades donde están los afectados”, concluyó la entrevistada.

A Pilar Mateo la llaman “la científica que se volvió indígena”; es presidenta de honor de la Fundación Químicos Sin Fronteras, Premio extraordinario de Defensa (2007), que “reconoce y recompensa la labor continuada de una persona o entidad en trabajos o colaboraciones ligadas a la Defensa, la Paz y la Seguridad”, y fundadora en 2006 del MoMIM (Movimiento de Mujeres Indígenas del Mundo). “Tengo la suerte de crear una pintura que me hace ver y ayudar a la gente que vive en la otra mitad del mundo”, destacó Mateo.

*Fuente: FECYT*

Fundación Española Para la Ciencia y la tecnología

[http://www.fecyt.es/fecyt/detalle.do?elegidaSiguiente=&elegidaNivel3=&elegidaNivel2=&SalaPrensa;noticias32cientificas&elegidaNivel1=&SalaPrensa&tc=noticias\\_cientificas&id=174100](http://www.fecyt.es/fecyt/detalle.do?elegidaSiguiente=&elegidaNivel3=&elegidaNivel2=&SalaPrensa;noticias32cientificas&elegidaNivel1=&SalaPrensa&tc=noticias_cientificas&id=174100)

23.05.2008 10:07

## POETA Y CIENTÍFICO

Cuando al premio Nobel de Química de 1981, Roald Hoffmann le preguntaron en una entrevista: “¿Cómo coexisten el poeta y el científico en Roald Hoffmann?”,



respondió: “Ambos mundos me importan mucho. Comencé como científico, pero durante mis estudios universitarios tuve la oportunidad de tomar algunos cursos de literatura que me enseñaron a leer poesía, me abrieron a la literatura japonesa. El interés por la poesía fue constante; sin embargo, empecé a escribir en este género hasta los cuarenta años. Yo soy un enamorado del idioma; amo el inglés, el sexto idioma que he aprendido –Hoffmann nació en Polonia en 1937–. El lenguaje es el principio de toda poesía. Con la ciencia trato de entender el mundo. Para mí, arte y ciencia constituyen formas complementarias de

entender este hermoso y terrible mundo. No son muy distintos estos enfoques, aunque pienso que escribir poesía requiere mayor esfuerzo que hacer ciencia” (entrevista de José Gordon en <http://www.revistadelauniversidad.unam.mx/o8o4/pdfs/98-100.pdf>).

### *Tsunami*

Un solitón es una singularidad en una onda en marcha, en borde que se desplaza sólo en esa dirección. Filmamos en una ocasión



uno que se movía descuidadamente por una superficie de platino. Los solitones pasan imperturbables unos a través de otros.

Tú eres una onda. No estás de pie, ni viajas, ni satisfaces ecuación alguna.

Eres una onda que no será sometida al análisis (de Fourier). Tú eres una onda; en tus ojos me hundo de buena gana.

No somos solitones,

no podemos atravesar inalterados.

#### *Evolución*

Había escrito tres páginas a propósito del buen químico que hay en cada insecto; citando el atrayente sexual del gusano de seda, y el escarabajo artillero, que rocía peróxido de hidrógeno caliente cuando se siente amenazado.

Y estaba a la mitad de la historia del escarabajo del pino occidental, que posee una feromona de congregación para llamar a todos los interesados (de su especie). La feromona, por cierto, tiene tres componentes:

uno en el macho, la frontalita; otro, atributo de la hembra, la exobrevicomina; un tercero, abundante (ingenioso), con olor a brea, aportado por el pino anfitrión, el mirceno. Había escrito esto la noche anterior recortando las frases. Cuando desperté el domingo y me puse a trabajar, con sosiego y una segunda taza de café, el sol estaba ya en mi escritorio. Había recogido algunas flores en la colina que reposaban en un florero: altramuz de arbusto, amapolas de California, y unas hierbas de por aquí. Apenas unos centímetros separaban las brácteas de los tallos herbáceos.

Eran cáscaras color canela, finamente trazadas; su contorno dominado por el de una espiguilla oscura, flagelo endurecido más que espina. Algo plumoso se insinuaba en su interior. El cálido sol hizo estallar algunas vainas que cayeron sobre lo escrito (las palabras se perdieron en el sol), cayeron por azar, junto a las sombras de las semillas que aún colgaban, y, las semillas liberadas como saltamontes durmientes, con sus barbas ahora retorcidas proyectaron una segunda ola de sombras más finas. Entonces te vi caminando por la colina.



innovación

# Un paradigma en evolución: EVO DEVO

**Rafael Antonio Forero Molano**

Centro de Investigaciones y Desarrollo, CID,  
Fundación Universidad del Área Andina.  
rforeromolano@gmail.com

**C**harles Darwin, en su libro *El origen de las especies*, llegó a pensar que los animales tienen un antepasado común. Los registros fósiles sugieren que hace unos 600 millones de años, una forma de vida animal semejante a un gusano plano vivió en el subsuelo marino antiguo.

En el curso de millones de años de evolución, esta forma de vida primitiva dio origen a la sorprendente diversidad animal que existió y existe hoy día. Hay aproximadamente 25 filum diferentes de animales. Cada filum representa un tipo básico de animal; por ejemplo, los anélidos representan animales cuyo cuerpo es segmentado por series de anillos; otros, como los moluscos, se caracterizan por su cuerpo blando protegido por una concha en forma de espiral. Ahora, en términos de diversidad, los artrópodos constituyen el filum más prospero de la naturaleza. Incluyen criaturas marinas como el cangrejo herradura, langostas de mar, camarones, y animales terrestres como insectos, centípedos y arañas. Incluso, algunos de ellos pueden volar.

De esta diversidad, surgen en mi mente algunas preguntas: ¿De dónde viene tanta diversidad animal? ¿Acaso cada filum tiene genes propios que

controlan su desarrollo?, o, ¿Podríamos llegar a pensar que son los mismos genes presentes en todos los filum, los que controlan el desarrollo de animales tan diferentes? Veamos cómo podemos abordar estas preguntas. El filum animal presenta tres categorías: *lofotrocozoan*, *ecdysozoan* y *deuterostomos*. Inicialmente, los lofotrocozoan, *ecdysozoan*, fueron llamados *protostomos*. Los cordados, como los vertebrados, son deuterostomos. Los *ecdysozoan* incluyen dos de los modelos de estudio más importantes en la genética y biología del desarrollo: la mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster*, y el gusano nematodo, *Caenorhabditis elegans*.

Actualmente, contamos con la secuencia genómica completa de ambos modelos. Desafortunadamente, hay muy poca información molecular para cualquiera de los *lofotrocozoan*, que incluyen dos filum fascinantes: los moluscos y los anélidos. Una posible respuesta que nos permite identificar las bases genéticas de la diversidad es la comparación sistemática de genomas. Hoy, se han comparado los genomas de siete animales de tres filum diferentes (nematodo, artrópodo y cordado). Lo desconcertante del proceso de comparación de genomas

es que nos dice que tenemos esencialmente los mismos genes. Así, encontramos que un gen humano tiene una contraparte en el genoma del ratón; en pocas palabras, no han aparecido nuevos genes durante los 50 millones de años de divergencia evolutiva que separan al ratón y al hombre de su último ancestro común.

Un hecho sorprendente es que, a pesar de haber compartido nuestro ancestro común hace más de 400 millones de años con el pez globo, los dos genomas tienen el mismo número de genes (30 mil genes, incluido en esta lista el genoma del ratón), e incluso, más de las tres cuartas partes pueden ser alineados sin ambigüedad. La conservación genética en los vertebrados se extiende a otras instancias muy lejanas, como es el caso de las ascidias, *Ciona intestinalis*, un invertebrado, urocordado, que comparte con nosotros la mitad de sus genes, y cuya separación se realizó hace 500 millones de años. Estos razonamientos nos llevan a un callejón sin salida, porque volvemos a preguntar: ¿y la diversidad, qué? La respuesta a esto radica en la duplicación de genes. Por ejemplo, en el caso de la ascidia, su genoma contiene seis genes para FGF (factor de crecimiento de fibroblasto);



Anélido.



Caracol..

al menos 22 genes FGF presentes en el genoma del ratón y hombre. Entonces, de manera concreta, un paradigma que explica la diversidad en la naturaleza es la duplicación genética.

Otro paradigma que ha cautivado últimamente a los investigadores en el mundo es el llamado *evo devo* (*evolu-*

evolución de las nuevas formas complejas, más que requerir de mutaciones o genes nuevos, como se pensaba hace algún tiempo, necesita sólo ajustar genes de desarrollo ya existentes. Uno de los estudios más emocionantes es llevado a cabo por un equipo de científicos liderado por el doctor Clifford Tabin,

las aguas frente a la costa del Ecuador, los pinzones de Darwin han prosperado en su aislamiento, al evolucionar en diversas formas. Pasó algún tiempo para que Darwin se diera cuenta de que todas estas aves eran pinzones, o incluso que estaban emparentadas; de hecho, los pinzones desarrollaron una diversidad de picos, para adaptarse a los nuevos alimentos. Inicialmente, se pensó que tal variedad de aves se debía a un cúmulo de mutaciones fortuitas en muchos genes. Pero el *evo devo* muestra que obtener un nuevo pico puede ser más sencillo de lo que se imagina. Tabin y sus colegas encontraron que cuanto más elevado y grueso era un pico, tenía una mayor expresión el gen *BMP4*. Para poner a prueba esta hipótesis, los investigadores aumentaron artificialmente la producción de *BMP4* en los picos en desarrollo de embriones de pollos. Los polluelos desarrollaron picos más altos y

## Lo desconcertante del proceso de comparación de genomas es que nos dice que tenemos esencialmente los mismos genes.

*tion and development*). Este modelo, que estudia la diversidad de las formas vivientes, muestra que el desarrollo embrionario modela poderosamente la evolución. Para empezar, los investigadores *evo devo* descubren que la

de la Universidad de Harvard. Su grupo investigó el ejemplo clásico de evolución por selección natural, la evolución de los pinzones de Darwin, en las islas Galápagos. Al igual que otros organismos que lograron llegar al archipiélago, en



Anélido.



Camarón limpiador.



Cangrejo herradura.



Pez Globo

robustos, similares a los de los pinzones cascanueces. En los pinzones con picos largos y delgados, aptos para hurgar, encontraron un gen diferente, denominado calmodulina. Cuando los científicos incrementaron de manera artificial el gen calmodulina, más largo se volvía el pico. Así, se encontró el potencial para generar una diversidad de picos en las aves. Un fenómeno similar ha sido hallado en los peces conocidos como *ciclidos*, que han desarrollado una variedad de mandíbulas para los distintos alimentos disponibles en los lagos de África. “No surgen genes nuevos siempre que surge una especie nueva”, dijo el doctor Brian K. Hall, biólogo del desarrollo de la Universidad de Nueva Escocia, en Canadá. Básicamente, se toman genes y procesos preexistentes y se modifican, por eso es que los humanos y chimpancés compartimos el 99% de los genes. El *evo devo* muestra cómo especies diferentes en ocasiones dan soluciones sorprendentemente similares al enfrentarse a los mismos retos. Quizás los mismos genes entran en acción, independientemente del lugar geográfico, para desarrollar las mismas formas que ofrecen las mismas condiciones para los mismos desafíos ecológicos.

## Referencias

Abzhanov A., Protas M., Grant, Grant P., Tabin C. 2004. *Science*. *Bmp4* and Morphological Variation of Beaks in Darwin's Finches. 305(5689):1462-1465.

Watson D. J., Baker T. A., et al., 2004 *Molecular Biology of th Gen*. 5th-Ed. Pearson Education Inc., publishing as Benjamín Cummings, Menlo, Sansome Street, San Francisco, CA 94111, 2004, pp. 613-616.



Ascidia.

## 2<sup>do</sup> Simposio soluciones educativas

Bogotá,  
agosto 22 de 2008  
Hotel Cosmos 100  
Salón Sol  
Calle 100 No. 21 A - 41



**avanzar**  
ambientes virtuales de aprendizaje y  
nuevas tecnologías de información y comunicación

### Conferencistas Internacionales

Dr. Aaron Walsh  
Dr. H. Nicholas Nagel  
E.E.U.U.

Dr. Tom Boyle  
Dr. Simon Cotteill  
Dra. Sue Tatum  
Reino Unido

### Temas

- Ambientes Virtuales Inmersivos (Second Life)
- Objetos Virtuales de Aprendizaje.
- e-Portafolios.

### Inscripciones

[www.e-sanitas.edu.co/simposio](http://www.e-sanitas.edu.co/simposio)  
Tel: 222 1500 Ext. 114  
Cel: 317 6463607  
Costo inscripción \$200.000  
Estudiantes 25% Dcto.

e-Sanitas

ENCUENTRO BOLÍVAR  
Transparencia para ti y tu familia

UNISANTAS

# Aplicación biotecnológica de la toxínología:

la importancia del veneno de escorpiones  
y la secreción cutánea de anuros



## **Jimmy Alexander Guerrero Vargas**

Biólogo. Universidad del Cauca, Colombia. M. Sc. en Biología Animal de la Universidad de Brasilia, Brasil. Candidato a Ph. D. en la Universidad de Brasilia. Grupo de Investigaciones Herpetológicas y Toxinológicas (GIHT) de la Universidad del Cauca, Colombia. guerrero@unb.br

## **Michelle da Silva Libério**

Bióloga. Universidad de Brasilia, Brasil. Candidata a M. Sc. en Biología Animal de la Universidad de Brasilia. mibiologa@yahoo.com.br

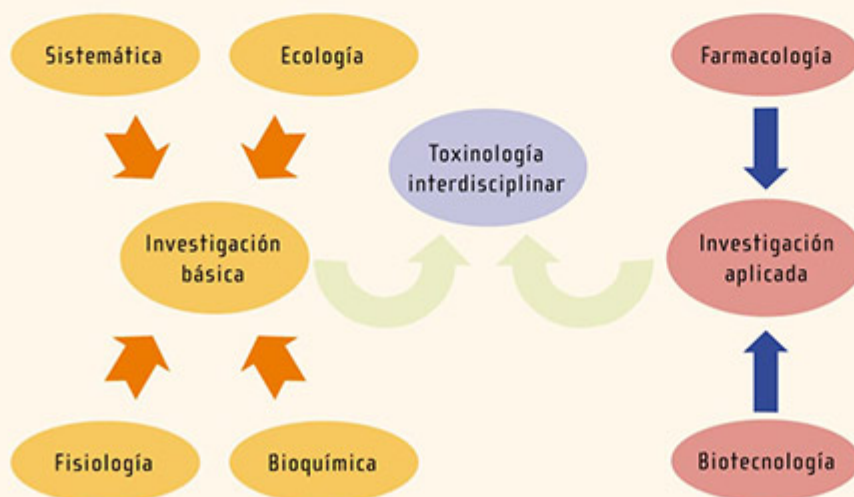
## **Mariana de Souza Castro**

Bióloga. Universidad de Brasilia, Brasil. Ph. D y M. Sc. en Biología Molecular de la Universidad de Brasilia, Profesora del Departamento de Ciencias Fisiológicas de la Universidad de Brasilia. mscastro@unb.br

## Introducción

El veneno producido por diferentes animales puede ser peligroso para el hombre, debido a que es una mezcla de muchos compuestos, y que, si se purifica y caracteriza cada uno de sus componentes, es posible encontrar moléculas útiles al ser humano. Para entender mejor esto es clave conocer qué es la *toxinología*, la cual se puede definir como una ciencia interdisciplinar de la biología, que se encarga del estudio de los productos metabólicos especiales conocidos como venenos y sus aplicaciones biotecnológicas, producidos por bacterias, hongos, plantas y animales. Este carácter interdisciplinario (ver la figura 1) es importante, ya que se requiere de una exacta determinación taxonómica de la especie que posee el veneno o secreción de interés, conocer su etología, para saber sus ciclos de vida y lograr un óptimo cautiverio, de ser necesario; tener unas buenas bases en bioquímica, para hacer una adecuada caracterización de los componentes del veneno, y fuertes conceptos en fisiología, para evaluar el efecto del veneno y de las toxinas aisladas y purificadas, para llegar a una aplicación biotecnológica y farmacológica. Esto, al final, lleva a que se realicen procesos de uso, manejo y conservación de estos organismos considerados en la mayoría de los casos peligrosos o rechazados por mitos, principios culturales o convicciones religiosas.

Figura 1. Relación interdisciplinar de la toxinología con las ciencias básicas y aplicadas



Estos productos metabólicos son producidos para capturar el alimento o como mecanismo de defensa química, los cuales pueden ser sintetizados *de novo* por el organismo o adaptarlos de las fuentes dietéticas (Harbone, 1985). Los venenos son mezclas complejas de diferentes compuestos, donde podemos resaltar: péptidos, proteínas, aminas, ésteres de colina y carbohidratos (Ayerbe *et al.*, 2003). Los venenos, por lo tanto, desempeñan un papel muy importante en la lucha por la existencia y constituyen un elemento fundamental para la supervivencia de las especies que los poseen (Harbone, 1985; Ayerbe *et al.*, 2003).

## Importancia de las toxinas

En principio es difícil creer que las toxinas tengan alguna aplicación, dado que su nombre directamente indica peligro, pero éste es tan sólo un nombre asignado a una molécula que puede ser de origen peptídico, proteico, amínico, etc. Ahora, con el avance en las ciencias proteómicas y el desarrollo acelerado en los últimos años de la toxinología se ha descubierto un gran número de moléculas con aplicaciones farmacológicas.

Es importante tener presente que los venenos animales representan una fabulosa fuente de compuestos bioactivos, y hasta ahora tan sólo el uno por ciento de estas moléculas se ha caracterizado e identificado (Ménez *et al.*, 2006). Muchos venenos y sus compuestos han sido usados en investigaciones biomédicas y para el desarrollo de nuevas herramientas para el diagnóstico de enfermedades, drogas

En el veneno de muchos animales es posible encontrar moléculas útiles al ser humano.

terapéuticas y biopesticidas (Lewis y García, 2003; Editorial, 2006). De esta manera, queda claro que las moléculas que hacen parte de los venenos de origen animal tienen una gran aplicación médica y biopesticida, dadas sus características sobre la actividad bio-

lógica de otras moléculas y células, invitando a aumentar investigaciones que lleven a la purificación y caracterización estructural y biológica de estas moléculas bioactivas (Favreau *et al.*, 2006).

## Importancia de las toxinas de venenos de escorpiones

El veneno de los escorpiones es una mezcla compleja de diferentes moléculas, sintetizadas en un par de glándulas exocrinas localizadas en el último segmento del opistosoma del escorpión; este segmento es conocido como *telson* (Flórez, 2007) y se caracteriza por presentar componentes farmacológicamente activos, destacándose los péptidos que causan actividad neurotóxica sobre células excitables (Loret y Hammock, 2001), además, este veneno tiene enzimas, nucleótidos, lípidos, aminas biogénicas y otros componentes no identificados (Batista *et al.*, 2004).

Las toxinas de escorpiones tienen gran importancia porque son una poderosa herramienta para conocer la farmacología, activación e inactivación, así como la estructura de los canales iónicos de membranas celulares, con la particular importancia de que ellas reconocen y discriminan canales iónicos de membranas celulares entre vertebrados e invertebrados, siendo una fuente de toxinas específicas para insectos, que pueden tener aplicación en la elaboración de bioinsecticidas (Rodríguez de la Vega y Possani, 2004; Bosmans y Tytgat, 2007).

Podemos resaltar como ejemplos prácticos y reales de la importancia y uso de las toxinas escorpiónicas, la obtención de moléculas con actividad antimicrobiana, como el péptido hadrurin, aislado del veneno del escorpión *Hadrurus aztecus*, que inhibe el crecimiento *in vitro* de bacterias como *Salmonella thyphi*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus cloacae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y *Serratiamarscences*, y también tiene un efecto citolítico en eritrocitos humanos (Torres-Larios *et al.*, 2000). Existen otros péptidos antimicrobianos, como parabutoporin, aislado del veneno de *Parabuthus schlechteri*, y opistoporins, del veneno de *Opisthophthalmus carinatus* (Moerman *et al.*, 2003).



Otra aplicación se basa en la capacidad insecticida de algunas toxinas escorpiónicas, sin causar efectos nocivos en mamíferos, centrandose los bioensayos contra insectos de importancia médica y plagas agrícolas. Este efecto insecticida es causado por la acción y extrema selectividad de estas moléculas sobre los canales iónicos para  $\text{Na}^+$  de insectos (De Lima *et al.*, 2007).

Recientes investigaciones demuestran la actividad anticonvulsinante de péptidos aislados del veneno de escorpiones, como es el caso de Cl19 de *Centruroides limpidus limpidus* (Corona *et al.*, 2003) y BmK-AEP de *Buthus martensi* (Wang *et al.*, 2001).

Dentro de los péptidos escorpiónicos están aquellos conocidos como péptidos lineares, que no tienen puentes disulfuro, y que también presentan aplicación biotecnológica. Podemos destacar los conocidos como BPP (de la sigla en inglés, péptido potenciador de bradiquinina), que cumplen un papel importante en el control de la presión arterial; como ejemplos tenemos los péptidos T y K12, aislados del escorpión *Tityus serrulatus* y *Buthus occitanus*, respectivamente (Ferreira *et al.*, 1993; Meki *et al.*, 1995). Otros péptidos lineares obtenidos de venenos de escorpiones, como el Parabutoporin de *Parabuthus schlechteri*, y Opistoporin I de *Opisthoptalmus carinatus*, son moduladores de la actividad inmune (Zeng *et al.*, 2005)

## Moléculas bioactivas de anfibios

La piel de anfibios es una fuente de una gran variedad de sustancias con actividad biológica y ha sido utilizada con propósitos medicinales durante varios siglos (Hancock y Chapple, 1999). Dentro de otras aplicaciones está la caza realizada por indígenas del Chocó colombiano utilizando en las puntas de sus flechas secreción cutánea de anfibios del género *Phylllobates* (Marki y Witkop, 1963; Myers y Daly, 1983).



La piel de los anfibios tiene diferentes funciones fundamentales para garantizar la sobrevivencia de estos organismos. Dos clases principales de glándulas son observadas en las pieles de los anfibios: las glándulas mucosas y las granulosas. Las glándulas mucosas participan en la protección contra predadores, con la producción de compuestos tóxicos o repulsivos, además de estar a cargo de la manutención de la humedad, la lubricación de la piel; de interferir en la respiración cutánea y termorregulación, mientras que la secreción granulosa se encarga de la protección contra predadores, agentes patógenos, y de la producción de feromonas (Toledo y Jared, 1995; Conlon *et al.*, 2004).

La secreción granulosa contiene un gran número de moléculas biológicamente activas, como aminas biogénicas, esteroides, alcaloides, péptidos y proteínas. Estas sustancias presentan diferentes actividades farmacológicas: neurotóxicas, vasoconstrictoras, alucinógenas, anestésicas, hipotensivas, antimicrobianas, cardiotoxinas, hemotóxicas, mitotóxicas y citotóxicas (Toledo y Jared, 1995; Clarke, 1997; Nascimento *et al.*, 2003).

Las indolalquilaminas son aminas biogénicas que tienen una gran variedad y abundancia, y un amplio es-

pectro de actividad farmacológica, como la estimulación de músculos lisos, vasoconstricción y efecto alucinógeno (Clarke, 1997; Schwartz *et al.*, 2007). Desde el punto biológico son muy importantes porque pueden ser utilizadas para caracterizar linajes evolutivos y construcción de relaciones filogenéticas entre algunos grupos de anfibios (Maciel *et al.*, 2006).

Dentro de los esteroides producidos por algunos anfibios se caracterizan los bufodienolideos, únicos en la familia Bufonidae y que poseen una gran importancia farmacológica, por presentar una potente actividad cardiotónica (Erspamer, 1994). Otros esteroides no cardiotónicos también se encuentran en la secreción cutánea de anfibios, presentando otros efectos farmacológicos importantes, como actividad antitumoral, antimicrobiana y actividad anestésica local (Clarke, 1997; Nogawa *et al.*, 2001; Cunha Filho *et al.*, 2005).

Los alcaloides de anfibios se encuentran principalmente en la familia Dendrobatidae, así como en la familia Bufonidae y en algunas salamandras. Por lo general, estos alcaloides son adaptados de las fuentes dietéticas que son artrópodos (Daly, 2003). Las principales clases de alcaloides producidos por anfibios incluyen la altamente tóxica batracotoxina, las cardiomiótónica pulmiliotoxinas y allopumiliotoxinas; el potente analgésico epibatidina, 200 veces más potente que la morfina; los bloqueadores de receptores nicotínicos de la unión neuromuscular, como las histrionicotoxinas e indolizinas, decahidroquinolinas, y la poderosa neurotoxina tetrodotoxina (TTX) (Erspamer, 1994; Schwartz *et al.*, 2007). Estos alcaloides son moléculas útiles para el estudio de canales iónicos en células excitables.

Los péptidos son las moléculas presentes en la secreción de anfibios más estudiadas; son almacenados en las glándulas en forma de pro-péptidos y encontrados en otras partes del cuerpo, como el intestino y el cerebro, siendo posteriormente procesados por diferentes enzimas (Bevins y Zasloff, 1990). Estos péptidos de la secreción cutánea de anfibios son agrupados de acuerdo a su actividad, entre los cuales destacamos los neuropéptidos, los péptidos con actividad antimicrobiana, antitumoral, antiviral y antimicótica, y algunos se encajan en más de un grupo, puesto que presentan un amplio espectro de acción (Pukala *et al.*, 2006).

Los péptidos antimicrobianos cumplen un importante papel, dado que son la primera línea de defensa contra agentes patógenos invasores de los anfibios, constituyéndose así en una importante

alternativa para combatir bacterias, hongos y virus, y ser empleados terapéuticamente en los seres humanos y en los animales domésticos (Bevins y Zasloff, 1990; Barra y Simmaco, 1995). Muchos péptidos antibióticos de anfibios también presentan actividad antitumoral; este doble efecto sugiere un mecanismo de acción celular común; en este caso, una alteración en la membrana celular que lleva a la lisis celular (Reddy *et al.*, 2004; Pukala *et al.*, 2006). Es importante resaltar que características como la estructura secundaria y primaria, la forma de la hélice, la carga y el grado de anfipaticidad e hidrofobicidad influyen en la actividad de estos péptidos (Pukala *et al.*, 2006).

Hasta el momento, numerosos péptidos antimicrobianos ya fueron aislados de la secreción cutánea de anuros; estos péptidos vienen siendo ampliamente estudiados, debido al aumento de la resistencia de las bacterias patógenas a los antibióticos disponibles en el mercado y a la elevada toxicidad de los antimicóticos (Yeaman y Yount, 2003).

Esta gran heterogeneidad molecular es utilizada para diferentes objetivos, por ejemplo, en la identificación de especies y para un mejor entendimiento de relaciones filogenéticas entre especies de anfibios (Conlon *et al.*, 2004); los péptidos antimicrobianos se están usando en la construcción de plantas y animales transgénicos (Ponti *et al.*, 2003). Algunos de estos péptidos también son nocivos para protozoarios; por ejemplo, derivados de la dermaseptina S3 causan la muerte del parásito *Plasmodium falciparum* y la dermaseptina DS-01 aislada de *Phylomedusa oreades* y *P. distincta* tiene actividad contra *Tripanossoma cruzi* (Leite *et al.*, 2005).

Los péptidos caerina 1.1, caerina 1.9, maculatina 1.1 y dermaseptina 4 demostraron actividad contra el virus VIH, dado que ellos inhiben la infección de las células T, además de combatir también algunas enfermedades de transmisión sexual asociadas con el aumento de la transmisión del virus del VIH (Lorin *et al.*, 2002; VanCompemolle *et al.*, 2005). Otros péptidos aislados de la secreción cutánea de anfibios tienen actividad espermicida, como la magainina-A (Reddy *et al.*, 2004) y la dermaseptina 4 (Zairi *et al.*, 2005).

## Aislamiento y caracterización de moléculas bioactivas (toxinas)

De manera general, este proceso se inicia con la obtención del veneno, en nuestro caso, de escorpiones y de la secreción cutánea de anuros; existen varios métodos para obtener el veneno o secreción; el más usado es la estimulación eléctrica (ver la figura 2). Después viene el proceso de limpieza del veneno, que es realizado por centrifugación, y en algunos casos se adiciona una pasada del veneno o secreción soluble en agua por un filtro especial; es indispensable calcular la concentración de proteínas de la muestra a estudiar. En seguida, los componentes de la muestra son separados mediante HPLC (por su sigla en inglés, cromatografía líquida de alta resolución) usando una columna adecuada, colectando cada fracción (ver la figura 3).

Figura 2.

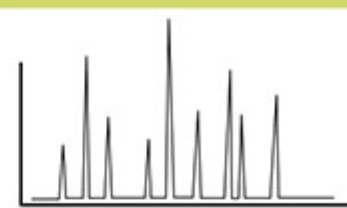


Indica la primera etapa a realizar cuando se desea aislar y caracterizar alguna molécula del veneno de una especie animal, la recolección debe llevarse a cabo con todos los cuidados del caso, un grupo de los individuos se deben dejar para la correcta determinación taxonómica, y la mayoría se dejan para realizar un adecuado cautiverio y obtener el veneno.

El veneno soluble en agua

Figura 3.

Es fraccionado por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC); cada fracción debe ser recolectada



El fraccionamiento cromatográfico es una de las etapas más importantes; depende de las características del veneno y de las columnas cromatográficas empleadas; cada fracción debe ser colectada individualmente, para su posterior análisis.

Cada fracción debe ser analizada para conocer su grado de pureza y su respectiva masa molecular; esto se realiza mediante espectrometría de masas (MS, por su sigla en inglés) (ver la figura 4). Las fracciones de interés y puras son sometidas a secuenciación química, también conocida como degradación de Edman o secuenciamiento *de novo*; éste se hace mediante MS/MS (espectrometría de masas en tándem).

Una vez conocida la secuencia de aminoácidos, se realizan las pruebas de actividad biológica, como los ensayos electrofisiológicos en canales iónicos, la actividad antimicrobiana (antibiótica, antimicótica, antiviral), antitumoral, etc.

Para finalizar, es importante resaltar que Colombia, debido a su megadiversidad biológica, es un país que tiene un elevado número de organismos productores de diferentes compuestos bioactivos, en los que es posible encontrar una gran cantidad de moléculas con aplicaciones biotecnológicas en el campo de la farmacología y el control biológico de insectos. Esto es una motivación para la comunidad científica colombiana, para fortalecer esta línea de investigación y posicionarla internacionalmente.

Figura 4.



Una vez determinada la pureza y masa molecular mediante MS [espectrometría de masas], las moléculas puras son secuenciadas mediante espectrometría de masas en tándem [MS/MS]. Este paso es conocido como secuenciamiento *de novo*. También son secuenciadas mediante el método tradicional, la degradación de Edman o secuenciamiento químico. Una vez conocida la secuencia de la molécula, se determina el tipo de actividad biológica, que puede ser neurotóxica, antimicrobiana, antitumoral, etcétera.

## Referencias

- Ayerbe, S., Guerrero-Vargas, J. A., Rivas-Pava, M.P. 2003. Introducción a la toxínología, importancia en la conservación de especies consideradas peligrosas por ser venenosas, en Polanco-Ochoa, R. (Ed.), *Manejo de fauna silvestre en Amazonía y Latinoamérica*, Bogotá, CITES, Fundación Natura, 381-385.
- Barra, D.; Simmaco, M. 1995. Amphibian skin: a promising resource for antimicrobial peptides. *Trends Biotechnol.* 13: 205-209.
- Batista, C.V.F., del Pozo, L., Zamudio, F.Z., Contreras, S., Becerril, B., Wanke, E., Possani, L.D. 2004. Proteomics of the venom from the amazonian scorpion *Tityus cambridgei* and the role of prolines on mass spectrometry analysis of toxins. *J Chromatogr B.* 803: 55-66.
- Bevins, C.L.; Zasloff, M. 1990. Peptides from frog skin. *Ann. Rev. Biochem.* 59: 395-414.
- Bosmans, F.; Tytgat, J. 2007. Voltage-gated sodium channel modulation by scorpion  $\alpha$ -toxins. *Toxicon.* 49: 142-158.

Clarke, B.T. 1997. The natural history of amphibian skin secretions, their normal functioning and potential medical applications. *Biol. Rev.* 72: 363-379.

Conlon J.M.; Kolodziejek, J.; Nowotny, N. 2004. Antimicrobial peptides from ranid frogs: taxonomic and phylogenetic markers and a potential source of new therapeutic agents. *Biochimica et Biophysica Acta.* 1696:1-14.

Corona, M.; Coronas, F.V.; Merino, E.; Becerril, B.; Gutiérrez, R.; Rebolledo-Antunez, S.; García, D.E.; Possani, L.D. 2003. A novel class of peptide found in scorpion venom with neurodepressant effects in peripheral and central nervous system of the rat. *Biochimica et Biophysica Acta.* 1649: 58-67.

Cunha Filho, G.A.; Schwartz, C.A.; Resck, I.S.; Murta, M.M.; Lemos, S.S.; Castro, M.S.; Kyaw, C.; Pires, O.R.; Leite, J.R.; Bloch, C. Jr.; Schwartz, E.F. 2005. Antimicrobial activity of the bufadienolides marinobufagenin and telocinobufagin isolated as major components from skin secretion of the *Bufo rubescens*. *Toxicon.* 45: 777-782.

Daly, J.W. 2003. Amphibian skin: A remarkable source of biologically active arthropod alkaloids. *J. Med. Chem.* 46: 445-452.

De Lima, M.E.; Figueiredo, S.G.; Pimenta, A.M.C.; Santos, D.M.; Borges, M.H.; Cordeiro, M.N.; Richardson, M.; Oliveira, L.C.; Stankiewicz, M.; Pelhate, M. 2007. Peptides of arachnid venoms with insecticidal activity targeting sodium channels. *Comparative Biochemistry and Physiology.* 146: 264-279.

Editorial. 2006. Mass spectrometry in toxinology: A 21<sup>st</sup> century technology for the study of biopolymers from venoms. *Toxicon.* 47: 609-613.

Erspamer, V. 1994. Bioactive secretions of the Amphibian Integument, en Heatwole, H.; Bartholomus, G. T. & Heatwole, <sup>3</sup> Y. *Amphibian Biology.* Ed. Surrey Beatty and Sons, Vol.1, Cap.9, 178-349.

Favreau, P.; Menin, L.; Michalet, S.; Perret, F.; Cheneval, O.; Stocklin, M.; Bulet, P.; Stocklin, R. 2006. Mass spectrometry strategies for venom mapping and peptide sequencing from crude venoms: Case applications with single arthropod specimen. *Toxicon.* 47: 676-687.

Ferreira, L.A.F.; Alves, E.W.; Henriques, O.B. 1993. Peptide T, a novel bradykinin-potentiating peptide isolated from *Tityus serrulatus* scorpion venom. *Toxicon* 31: 941-947.

Flórez, E. 2007. Los escorpiones, enigmáticas reliquias del pasado poco conocidas en Colombia. *Innovación y Ciencia.* 4: 26-33.

Hancock, R.E.W.; Chapple, D.S. 1999. Peptides antibiotics. *Antimicrobial agents and chemotherapy.* 43:1317-1323.

Harborne, J.B. 1985. *Introducción a la bioquímica ecológica*, Madrid, Editorial Alambra.

Leite, J.R.; Silva, L.P.; Rodrigues, M.I.; Prates, M.V.; Brand, G.D.; Lacava, B.M.; Azevedo, R.B.; Bocca, A.L.; Albuquerque, S.; Bloch, C. Jr. 2005. Phylloseptins: a novel class of antibacterial and anti-protozoan peptides from the *Phyllomedusa* genus. *Peptides.* 26: 565-573

Lewis, R.J.;Garcia, M.L. 2003. Therapeutic potential of venom peptides. *Nat. Rev. Drug Discov.* 2: 790-802.

Loret, E.; Hammock, B. 2001. Structure and neurotoxicity of venoms, en Brownell, P.; Polis, G. (Ed), *Scorpion Biology and Research*, Oxford, New York, Oxford University Press, 204-233.

Lorin, C.; Saidi, H.; Belaid, A.; Zairi, A.; Baleux, F.; Hocini, H.; Bélec, L.; Hani, K.; Tangy, F. 2005. The antimicrobial peptide Dermaseptin S4 inhibits HIV-1 infectivity in vitro. *Virology.* 334: 264-275.

Maciel, N.M.; Schwartz, C.A.; Colli, G.R.; Castro, M.S.; Fontes, W.; Schwartz, E.F.N. 2006. A phylogenetic analysis of species in the *Bufo* crucifer group (Anura: Bufonidae), based on indolealkylamines and proteins from skin secretions. *Biochem. Syst. Ecol.* 34: 457-466.

## Recientes investigaciones demuestran la actividad anticonvulsinante de péptidos aislados del veneno de escorpiones



Märki, F.; Witkop, B. 1963. The venom of the Colombian arrow poison frog *Phyllobates bicolor*. *Experientia*. 19:329-338.

Meki, A. M. A.; Nassar, A. Y.; Rochat, H. 1995. A bradykinin-potentiating peptide (peptide K 12) isolated from the venom of Egyptian scorpion *Buthus occitanus*. *Peptides* 16: 1359-1365.

Ménez, A.; Stocklin, R.; Mebs, D. 2006. The venomous system genome project. *Toxicon*. 47: 255-259.

Moerman, L.; Verdonck, F.; Willems, J.; Tytgat, J.; Bosteels, S. 2003. Antimicrobial peptides from scorpion venom induce  $Ca^{2+}$  signaling in HL-60 cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 311: 90-97.

Myers, C. W.; Daly, J. W. 1983. Dart-poison frogs. *Sci. Am.* 248:120-133.

Nascimento, A.C.C.; Fontes, W.; Sebben, A.; Castro, M.S. 2003. Antimicrobial peptides from anurans skin secretions. *Protein and Peptide Letters*. 10: 227-238.

Nogawa, T.; Kamano, Y.; Yamashita, A.; Pettit, G.R. 2001. Isolation and structure of five new cancer cell growth inhibitory bufadienolides from Chinese traditional drug *Ch' an Su*. *J. Nat. Prod.* 64: 1148-1152.

Ponti, D.; Mangoni, M.L.; Mignogna, G.; Simmaco, M.; Barra, D. 2003. An amphibian antimicrobial peptide variant expressed in *Nicotiana tabacum* confers resistance to phytopathogens. *Biochem. J.* 370:121-127.

Pukala, T.L.; Bowie, J.H.; Maselli, V.M.; Musgrave, I.F.; Tyler, M.J. 2006. Host-defense peptides from the glandular secretions of amphibians: structure and activity. *Nat. Prod. Rep.* 23: 368-393.

Reddy, K.V.R.; Yedery, R.D.; Aranha, C. 2004. Antimicrobial peptides: premises and promises. *International Journal of Antimicrobial Agents.* 24: 536-547.

Rodríguez de la Vega, R.C.; Possani, L.D. 2004. Current views on scorpion toxin specific for K<sup>+</sup> channels. *Toxicon.* 43: 865-875.

Schwartz, C.A.; Pires JR, O.; Castro, M.S.; Schwartz, E.F.N.; Maciel, N.M. 2007 Principípios bioativos da pele de anfíbios: panorama atual e perspectivas, en Nascimento. L.B.; Oliveira, M.E. (eds), *Herpetologia no Brasil II*. Soc. Brás. Herpetologia. 354 p.

Toledo, R.C.; Jared, C. 1995. Cutaneous granular glands and amphibian venoms. *Comp. Biochem. Physiol.* 111:1-29.

Torres-Larios, A.; Gurrola, G.B; Zamudio, F.Z; Possani, L.D. 2000. Hadrurin, a new antimicrobial peptide from the venom of the scorpion *Hadrurus aztecus*. *Eur. J. Biochem.* 267: 5023-5031.

Vancompernelle, S.E.; Taylor, R.J.; Oswald-Richter, K.; Jiang, J.; Youree, B.E.; Bowie, J.H.; Tyler, M.J.; Colon, J.M.; Wade, D.; Aiken, C.; Dermody, T.S.; KealRamani, V.N.; Rollins-Smith, L.A.; Unutmaz, D. 2005. Antimicrobial peptides from amphibian skin potently inhibit human immunodeficiency virus infection and transfer of virus from dendritic cells to T cells. *J. Virol.* 79:11598-11606.

Wang, C. G., He, X. L., Shao, F., Liu, W., Ling, M. H., Wang, D. 2001. Molecular characterization of an anti-epilepsy peptide from the scorpion *Buthus martensi* Karsch. *Eur J Biochem* 268: 2480-2485.

Yeaman, M.R.;Yount, N. Y. 2003. Mechanisms of antimicrobial peptide action and resistance. *Pharmacological Reviews.* 55: 27-55.

Zairi, A.; Belaid, A.; Gahbiche, A.; Hani, K. 2005. Spermicidal activity of dermaseptins. *Contraception.* 72: 447-453

Zeng, X. Ch.; Corzo, G.; Hahin, R. 2005. Scorpion venom peptides without disulfide bridges. *IUBMB Life.* 57: 13-21.



EL MUNDO EN BOGOTÁ  
[www.hjck.com](http://www.hjck.com)

*Desde 1950 una emisora para la inmensa minoría*

# ¿Dónde está E.T.?

## La búsqueda científica de vida extraterrestre

**Jorge Iván Zuluaga**

Doctor en Física, Universidad de Antioquia. Grupo de Física y Astrofísica Computacional (FACom), Universidad de Antioquia. Grupo de Investigación en Modelamiento y Simulación Computacional (GIMSC), Universidad de San Buenaventura (Medellín).

[jorge.zuluaga@siu.udea.edu.co](mailto:jorge.zuluaga@siu.udea.edu.co)

Image not found or type unknown



Figura 1.



El planeta Venus, uno de los candidatos para haber albergado agua líquida en el sistema solar en el pasado remoto. En el presente, el planeta está cubierto por una gruesa atmósfera cien veces más masiva, caliente y densa que la nuestra. No quedan rastros de ninguna forma de vida que haya surgido y prosperado en el planeta.

Figura 2.



El planeta Marte, uno de los candidatos preferidos para la búsqueda de vida en nuestro sistema solar. En esta imagen tomada por la sonda Rosetta se pueden percibir claramente sus casquetes polares hechos de agua y gas carbónico congelados y algunas nubes compuestas fundamentalmente de cristales de agua. Esa misma agua podría ofrecer bajo la superficie las condiciones para que una curiosa vida todavía poblara el planeta. Tomado de: <http://www.mps.mpg.de/en/projekte/rosetta/osiris>

apareció hace mucho. En el suelo, un vulcanismo que parece haberse extendido hasta hace muy poco debió de borrar otras huellas químicas y eliminar posibles fósiles. Con todo, Venus no parece entonces ser un “sospechoso” prometedor.

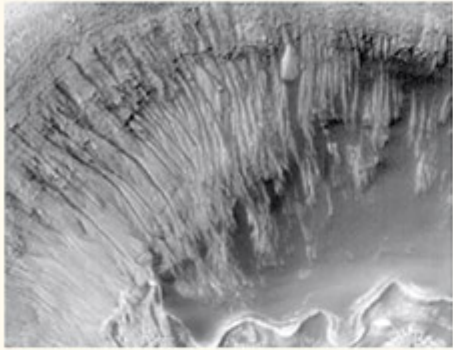
El segundo cuerpo es Marte. El nombre marciano, que fue una de las primeras referencias en la literatura de ficción y la fantasía que se hicieron a seres de otros planetas, viene precisamente de la atracción que este planeta ha ofrecido por más de un siglo a escritores, imaginativos mecenas de la astronomía y otros símbolos de la cultura popular. Marte ha sido visitado por una decena de misiones no tripuladas que lo han cartografiado con un detalle sin precedentes y que han explorado su superficie con vehículos robotizados cargados de instrumentos científicos diversos. Hoy Marte es un planeta pequeño, con una atmósfera tenue (una centésima parte de la de la Tierra), y muy frío. El planeta tiene cantidades menores de vapor de agua en su atmósfera que se congelan en sus polos, especialmente durante el invierno (ver la figura 2). No hay suficiente presión en el aire marciano para que el poco vapor de agua restante se licue en los lugares más cálidos. Las investigaciones de los últimos 10 años han mostrado que cantidades importantes de agua, en un estado entre sólido y líquido, podrían concentrarse en algunos lugares del suelo marciano y causar en ocasiones deslizamientos y flujos temporales de agua, que han dejado huellas ya observadas en algunos lugares de la superficie (ver la figura 3).

En el pasado las condiciones en Marte fueron mejores para el agua líquida. Antes de que perdiera la mayor parte de su atmósfera (no tiene suficiente masa para retenerla), Marte tuvo seguramente masas de agua, lagos, ríos y probablemente hasta un océano. En ellos podría haberse formado y florecer la vida en el pasado. Como sucedió en el caso de Venus, la evolución de los hechos que terminaron por menguar considerablemente la atmósfera del planeta Marte, y eliminar completamente las masas visibles de agua líquida, fue rápida y seguramente no daría mucho tiempo a la vida marciana para evolucionar. De existir, entonces, los marcianos serían microbios habitando el gélido “permafrost” debajo de la superficie del planeta (Hartman, 2003).

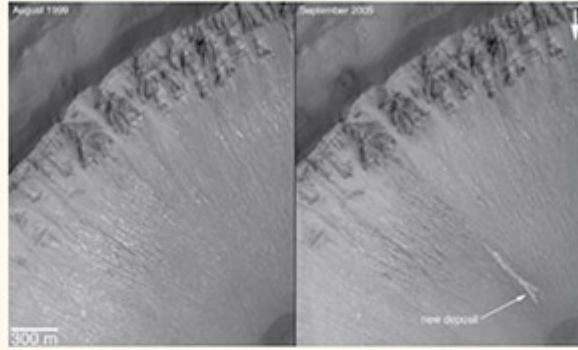
El tercer lugar en el sistema solar donde se da prácticamente por hecho la existencia de agua líquida es la luna Europa del planeta Júpiter (ver la figura 4). La superficie de Europa, que fue registrada fotográficamente durante los sobrevuelos de las sondas Voyager en los años 70, y 20 años después estudiada en detalle a partir de las imágenes de la sonda Galileo, presenta una topografía única en el sistema solar. Enormes grietas la atraviesan a todo su ancho, a veces con geometrías que recuerdan las fracturas sobre la cáscara de un huevo. Grandes superficies, cubiertas de un entramado negruzco, recuerdan campos cubiertos de losas de hielo sobre los mares polares en la Tierra. Todos estos indicios y otras pruebas indirectas apuntan a la existencia de un gran océano de agua líquida debajo de una corteza de muchos kilómetros de espesor. El océano se extendería por un centenar de kilómetros y tendría las condiciones de temperatura adecuadas para soportar una bioquímica relativamente normal. Condiciones similares a las de Europa podrían repetirse en otras lunas heladas de los planetas gigantes.

Figura 3.

Distintas evidencias de la existencia de agua líquida en Marte en el pasado lejano [imagen en el extremo izquierdo] y en años recientes han emergido después de la observación detallada de distintas estructuras topográficas y geológicas en el suelo marciano. Otras pruebas menos serias pero hilarantes de la existencia de "agua sobre Marte" circulan en internet.



Tomada de: [http://www.antwrp.gsfc.nasa.gov/.../marsnewton\\_mgs\\_big.jpg](http://www.antwrp.gsfc.nasa.gov/.../marsnewton_mgs_big.jpg)



Tomada de: <http://www.nasa.gov/externalflash/mgs-20061206/hi-resjpls/1.jpg>



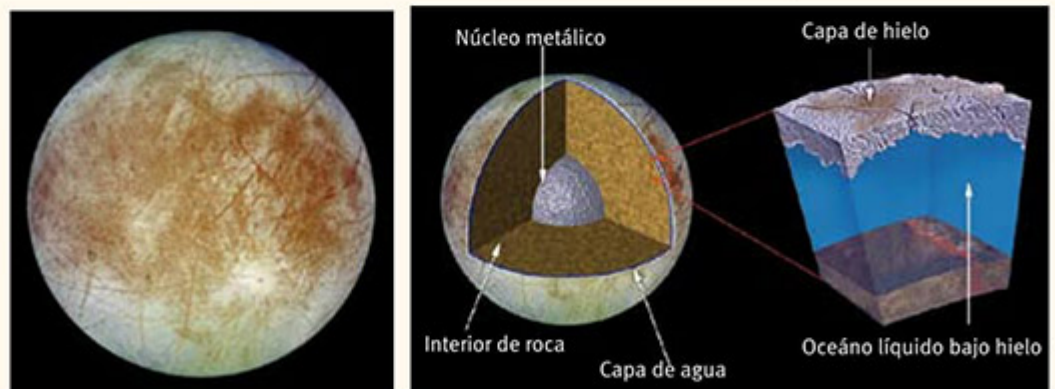
Tomada de: [http://apod.nasa.gov/apod/image/0504/WaterOnMars2\\_gcc.jpg](http://apod.nasa.gov/apod/image/0504/WaterOnMars2_gcc.jpg)

En el seno de ese océano interior la vida podría haber surgido y evolucionado durante miles de millones de años para adoptar formas increíbles. Sin embargo, sometida a una oscuridad perenne y con casi ninguna fuente de energía adecuada, es difícil imaginar cómo podrían los "europeos" (extraterrestres de la luna Europa) sortear los difíciles retos de estar vivos.

Estos tres sitios nos ofrecen, de un lado, una visión de un sistema solar relativamente favorable para la vida. Antes pensábamos que sólo en una estrecha franja cerca del Sol (donde precisamente ahora está la Tierra), conocida como "zona de habitabilidad", se daban las condiciones para que existiese agua líquida (ver la figura 5). Hoy, con casos como el de Marte y Europa, vemos que esa condición es mucho más compleja y que otros sitios de un sistema planetario podrían estar preparados para la vida. De otra parte, Venus, Marte y Europa, nuestros mejores sitios, nos enseñan también que existe la posibilidad de que el sistema solar contenga sólo vida en la Tierra. En Venus no hay caso. En Marte, las investigaciones hasta ahora no han entregado resultados positivos, y en Europa no parece ser claro cuáles serían las fuentes de energía para alimentar la vida sometida a una oscuridad eterna.

Como dijimos en un apartado anterior, el agua podría no ser el único solvente para la vida. Metano y etano líquido podrían

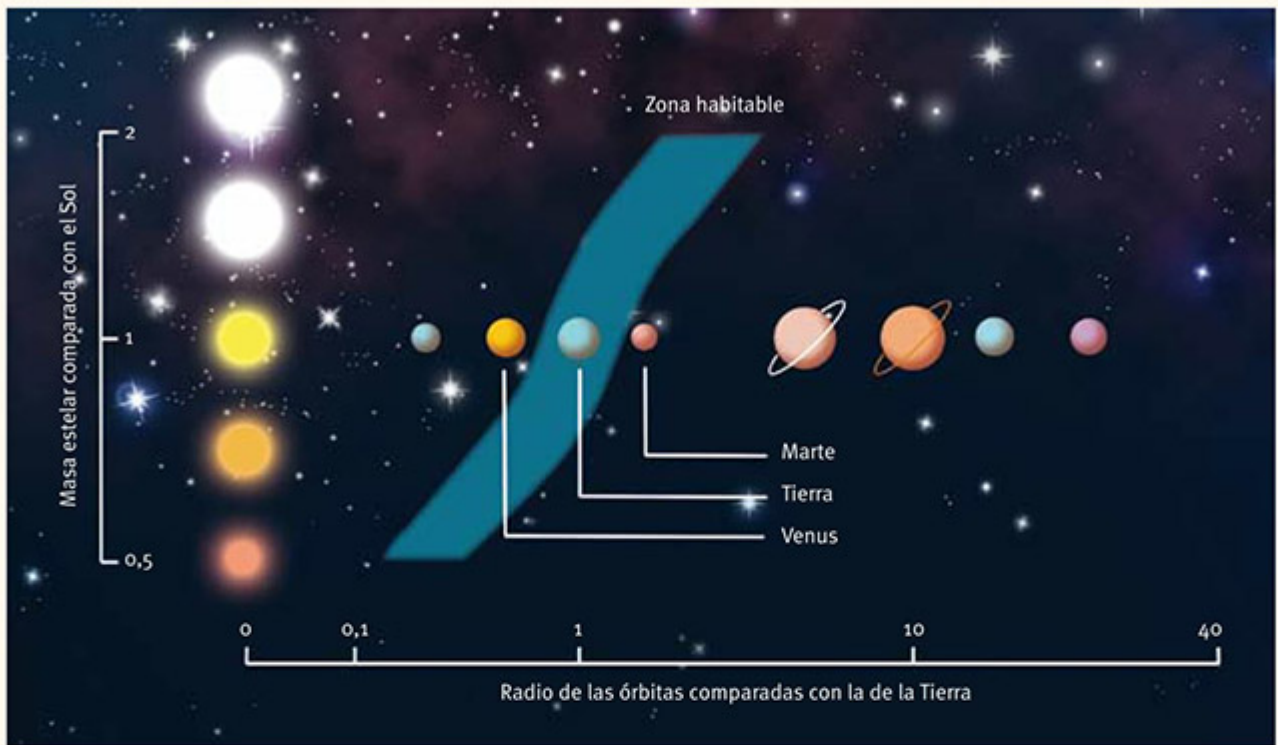
Figura 4.



Tomado de: <http://www.astro.yale.edu/chunter/presentations/cty/EuropaInterior.jpg>

Una de las más grandes lunas de Júpiter, Europa, sería el tercer lugar en el sistema solar, después de Venus y Marte, con una alta probabilidad de albergar vida. Debajo de su corteza se escondería un profundo océano de agua líquida calentado por la energía liberada en las poderosas mareas que el planeta Júpiter inflige sobre sus lunas más grandes.

Figura 5.



La zona de habitabilidad circunestelar [banda azul] es la región dentro de la cual cualquier cuerpo con una superficie podría tener las condiciones de temperatura para que el agua existiera en estado líquido. En el gráfico se muestra la zona de habitabilidad para estrellas de distinta masa. En el caso del sistema solar, se ve cómo en la zona de habitabilidad, en el presente, está solamente la Tierra.

ofrecer soluciones donde una química compleja en la base de formas de vida distintas podría emerger. En este caso, la luna Titán del planeta Saturno, recientemente visitada por la primera sonda robótica (la sonda Huygens de la misión Cassini), podría presentarse como el cuarto sospechoso de albergar a E.T. en el sistema solar. Muy recientemente, distintas imágenes de la superficie de este sorprendente satélite de Saturno y otros registros hechos desde el orbitador Cassini, usando datos del radar a bordo, muestran la existencia de lo que podrían ser masas de metano y etano líquido en su helada superficie

## La luna Titán del planeta Saturno, podría presentarse como el cuarto sospechoso de albergar a E.T. en el sistema solar.

(ver la figura 6). La atmósfera de Titán es una de las más favorables para una química compleja basada en el carbono. Una espesa cubierta formada por una neblina de hidrocarburos hace difícil la observación directa de su superficie. Metano líquido podría estar lloviendo en algunos lugares y hasta nevadas de "plástico natural" podrían producirse aquí o allá. La presión superficial en Titán es casi la misma que en nuestra propia atmósfera, aunque la temperatura es casi 200 grados menor. Si existe actualmente vida en Titán, seguramente es muy diferente de la nuestra.

Un interesante caso de biorrastrero químico devuelve algo de esperanza a la búsqueda de vida en el sistema solar. Las atmósferas de Marte y Titán contienen cantidades anormales de metano (Ateya, 2007). Como ya se había mencionado, el metano es una sustancia usualmente producida en pequeñas cantidades en procesos geológicos y químicos en la superficie de los planetas y lunas. Procesos metabólicos en algunos organismos son capaces de producir metano en cantidades 20 veces superiores,

ofrecer soluciones donde una química compleja en la base de formas de vida distintas podría emerger. En este caso, la luna Titán del planeta Saturno, recientemente visitada por la primera sonda robótica (la sonda Huygens de la misión Cassini), podría presentarse como el cuarto sospechoso de albergar a E.T. en el sistema solar. Muy recientemente, distintas imágenes de la superficie de este sorprendente satélite de Saturno y otros registros hechos desde el orbitador Cassini, usando datos del radar a bordo, muestran la existencia de lo que podrían ser masas de metano y etano líquido en su helada superficie

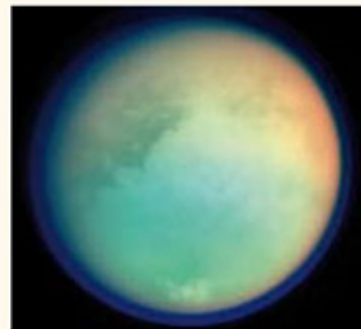
o por lo menos así lo hemos registrado en la Tierra. La cantidad anormal de metano en las atmósferas de Marte y Titán podría ser el primer rastro sólido de existencia de vida en esos lugares.

La búsqueda de fósiles y organismos vivos sólo será posible por ahora en el sistema solar. En este caso, las esperanzas de encontrar a E.T. no se acercan siquiera a las que nos ofrecen los biorrastros químicos mencionados en los párrafos anteriores. En 1996, un muy sonado caso de hallazgo de lo que sería el primer "fósil" marciano le dio la vuelta al globo y alcanzó los titulares de medios de comunicación especializados y populares. En un meteorito marciano, encontrado en la Antártida, investigadores hallaron los que parecían ser restos de un microorganismo del planeta rojo (ver la figura 7). En imágenes de microscopio electrónico, los restos recordaban la forma de un gusano diminuto aferrado a una roca. Diversas pruebas y argumentaciones demostraron posteriormente que la conclusión de que se trataban de rastros de un organismo vivo o de que el mismo microorganismo provenía del planeta rojo era difícil de sostener (el tamaño, por ejemplo, de la estructura microscópica era tan pequeño que ni siquiera un fragmento de ADN o ARN cabría en su interior). El caso sigue en investigación, aunque ya muchos expertos astrobiólogos parecen haberlo descartado definitivamente. Éste fue el momento más cercano que estuvimos de conocer a E.T.

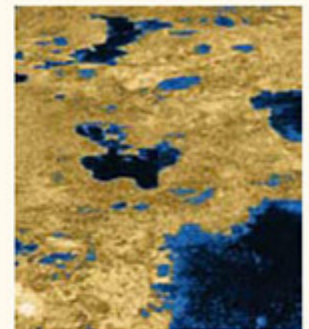
Futuras misiones enviadas al planeta rojo esperan escarbar el suelo marciano, en busca de fósiles bacterianos que puedan probar definitivamente lo que muchos esperan desde hace décadas, que en Marte se haya desarrollado tempranamente la vida, aunque no haya podido evolucionar hasta alcanzar tamaños visibles.

La búsqueda de organismos vivos es aún más difícil. En los años 70, durante la primera misión que descendió sobre la superficie de Marte, las Viking 1 y 2 fueron también las primeras sondas interplanetarias dotadas de una batería de instrumentos desarrollados para buscar microorganismos extraterrestres en acción y en su lugar de residencia. Con un brazo robotizado tomaron muestras del suelo marciano y las sometieron a un total de cuatro experimentos biológicos en los que se esperaba encontrar evidencias de la existencia de "bichos" microscópicos en el suelo marciano (ver la figura 8). En síntesis los experimentos buscaban dos cosas: determinar el contenido de materiales orgánicos en el suelo marciano y encontrar evidencia de actividad biológica observando los residuos gaseosos de la actividad de "bichos" microscópicos en el suelo o la absorción de gases necesarios para el metabolismo por los mismos "bichos". En el primer experimento, el suelo marciano de los dos lugares en los que amartizaron los Vikings, fue calentado, y analizados los gases desprendidos, para

Figura 6



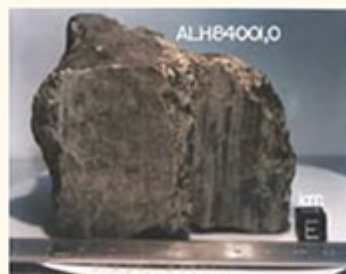
Tomado de: [http://www.nasa.gov/centers/goddard/images/content/103521main\\_titan\\_m.jpg](http://www.nasa.gov/centers/goddard/images/content/103521main_titan_m.jpg)



Tomado de: [http://apod.nasa.gov/apod/image/0702/titan-lakes2\\_cassini.jpg](http://apod.nasa.gov/apod/image/0702/titan-lakes2_cassini.jpg)

Titán, la luna de Saturno y el satélite más grande del sistema solar, es también un reconocido objetivo de la investigación exobiológica. Recientemente, la sonda Cassini descubrió lo que parecerían ser lagos de etano y metano líquidos en su superficie [ver manchas oscuras a la derecha].

Figura 7.



Tomado de: <http://nmp.nasa.gov/ds2/images/alh84001.gif>



Tomado de: [http://ares.jsc.nasa.gov/astrobiology/biomarkers/\\_images/images/fig1a.jpg](http://ares.jsc.nasa.gov/astrobiology/biomarkers/_images/images/fig1a.jpg)

El muy reconocido meteorito marciano ALH84001, y las imágenes al microscopio electrónico que le dieron la vuelta al mundo, en el que se pensó era uno de los más grandes descubrimientos de todos los tiempos: la primera huella fósil de un organismo de otro planeta.

determinar la presencia de sustancias orgánicas. El resultado fue peor de lo esperado: el suelo marciano resultó contener menos sustancias orgánicas que el estéril suelo lunar. En un segundo y tercer experimento, se vertió sobre el suelo una mezcla de agua y nutrientes elementales, que, como se habría demostrado en la Tierra, fueran “del gusto” de prácticamente cualquier microorganismo. A continuación se examinó la atmósfera sobre la muestra, para detectar en ella la presencia de posibles gases producidos por residuos de la alimentación de los microbios marcianos. Los resultados fueron un poco ambiguos, y para algunos, para nada concluyentes. Se observaron algunos gases producidos por el suelo “incubado”, pero sólo en una ocasión: la Ciencia no es de una sola evidencia. En un experimento final, se creó una atmósfera artificial alrededor del suelo con gases “marcados”. Los microbios marcianos, al respirar los gases y poner a los átomos “marcados” en ellos en sus ciclos químicos, harían que esos átomos se fijaran al suelo. El resultado sería que átomos en los gases de la atmósfera simulada, con el tiempo, y de existir un microbio ávido de “aire”, pasarían a formar parte del suelo. Los resultados de este último experimento no fueron concluyentes tampoco. La razón: algunos procesos inorgánicos

podrían producir el mismo nivel de efectos observado, y con ello, distinguir si eran “bichos” o sustancias naturalmente presentes en el suelo no era posible.

Si bien los resultados de los experimentos de los Vikings siguen todavía siendo estudiados y debatidos, una im-

## La búsqueda de fósiles y organismos vivos sólo será posible por ahora en el sistema solar.

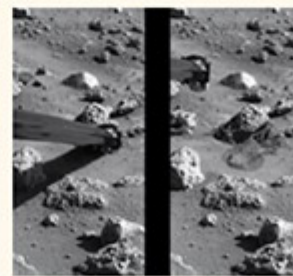
portante fracción de los astrobiólogos considera que los experimentos no descartaron pero tampoco demostraron nada concluyente sobre la existencia de vida en el suelo marciano. Tal vez los microbios marcianos fueron exterminados con los gases calientes de los propulsores de las naves durante el amartizaje. Tal vez los marcianos no gustan de los mismos nutrientes que los que prefieren nuestros propios microbios, y tampoco de los mismos gases que ellos absorben (¡una bioquímica distinta!). Tal vez con dos muestras del suelo marciano no es suficiente, y por casualidad las naves pudieron aterrizar en parajes estériles. Experimentos futuros ayudarán a clarificar las cosas, pero por ahora E.T. nos ha sido bastante esquivo.

Hasta aquí, la búsqueda de rastros de vida en el sistema solar. Una empresa que, aunque hasta ahora no ha entregado dividendos muy positivos, continuará seguramente en el futuro inmediato.

¿Qué ha conseguido la policía exobiológica con la búsqueda de señales de radio provenientes de civilizaciones extraterrestres? En 1977, y en el contexto del proyecto SETI de la Universidad de Ohio, el radiotelescopio Big Ear detectó una curiosa y muy sospechosa señal que terminó llamándose la señal Wow! (ver la figura 9). La señal tenía todas las características que la conectaban con una fuente extraterrestre, incluso una ubicada por fuera del sistema solar. Su intensidad la hizo resaltar entre el ruido de fondo, justo en la frecuencia de 1.420 megahertz, que esperamos usaria E.T. para comunicarse. Su du-



Tomado de: [http://www.nasa.gov/images/content/150496main\\_viking30\\_fs1\\_544.jpg](http://www.nasa.gov/images/content/150496main_viking30_fs1_544.jpg)



Tomado de: <http://www.astrosociety.org/education/publications/tnl/58/images/viking.jpg>

Figura 8.

Uno de los únicos experimentos *in situ* de búsqueda de vida extraterrestre lo realizaron las sondas Viking 1 y 2 [a la izquierda, representación artística de la sonda]. La sonda usó un brazo robot para extraer muestras del suelo marciano y analizarlas.

ración fue algo mayor que un minuto (en realidad, la antena no pudo seguirla por más de 72 segundos, y cuando volvió a buscarla ya no estaba). Nunca más se pudo detectar una señal proveniente del mismo lugar del cielo (donde, a propósito, tampoco ha sido posible detectar ningún cuerpo astrofísico discernible). En 1974, tres años antes del descubrimiento de la señal Wow!, el radiotelescopio de Arecibo había enviado una poderosa señal con una duración de cerca de tres minutos hacia un cúmulo de estrellas en la constelación de Hércules. El cúmulo está situado a casi 25.000 años luz de distancia. ¿Podría entonces la señal Wow! ser una especie de señal muy corta, parecida a la de Arecibo, producida por una civilización extraterrestre haciendo las primeras pruebas de su tecnología de comunicación interestelar? Lamentablemente, la probabilidad de que una señal con una duración tan corta fuera observada en el momento justo en el que apuntamos la antena en la dirección correcta es prácticamente nula.

Desde entonces, y durante ya más de 30 años, el proyecto SETI ha acumulado datos que suman varias decenas de terabytes, que deben ser analizados exhaustivamente para buscar en ellos signos de una señal inteligente. El poder computacional necesario para detectar “la aguja” de una llamada de E.T. en el inmenso “pajar” de las señales recogidas por el proyecto SETI es inmenso: a un computador normal le tomaría casi 2 millones de años de procesamiento continuado para barrer todos los datos entregados por SETI en 30 años de operación.

A mediados de los 90, y aprovechando el *boom* de internet, investigadores de la Universidad de Cornell inventaron un concepto novedoso. La única manera para analizar el voluminoso paquete de datos de SETI en un tiempo razonable sería dividir los datos en paquetes pequeños y procesarlos independientemente en decenas de miles, centenares de miles e incluso millones de computadores distribuidos alrededor del globo. Uno solo de esos “paqueticos” en los que se dividiría el paquete más grande necesitaría tan sólo entre 3 a 10 horas de procesamiento continuado. Así, con un millón de computadores trabajando cooperativamente, se requeriría tan sólo un par de años para completar la misión de análisis. Fue así como surgió el concepto de SETI@home.

La filosofía detrás de esta iniciativa es convertir a cualquier persona con un computador conectado a internet en un pequeño astrobiólogo (aunque el trabajo sucio lo realizará el computador de forma automática y sin la intervención de un humano). Los datos de SETI fueron entonces divididos en pequeños trozos y una enorme comunidad de usuarios comenzó desde hace más de 10 años a descargar, paquete por paquete, en computadoras personales o servidores de pequeñas compañías y universidades, para realizar sobre cada uno sofisticados análisis matemáticos que permitirían determinar si las señales que codifican podrían tener las características esperadas de una señal inteligente (ver la figura 10). Más de

Figura 9.



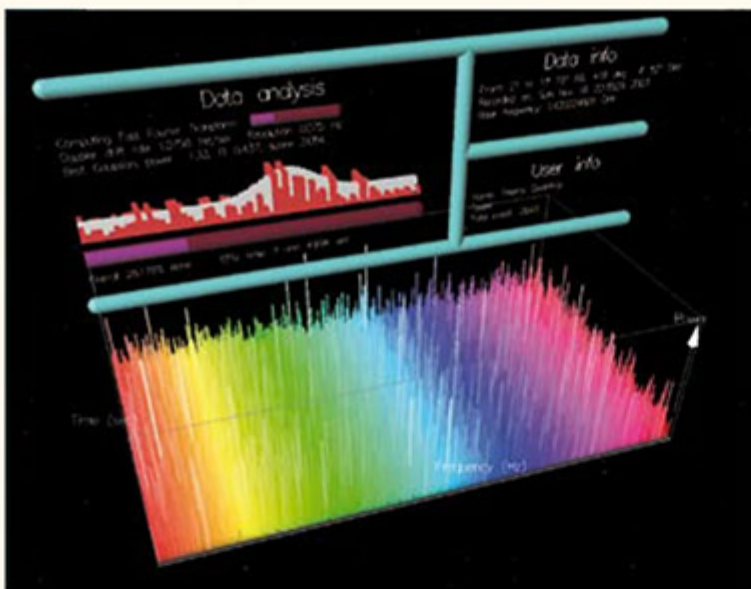
Tomado de: <http://www.bigear.org/ohsmarkr/Wow-1.jpg>



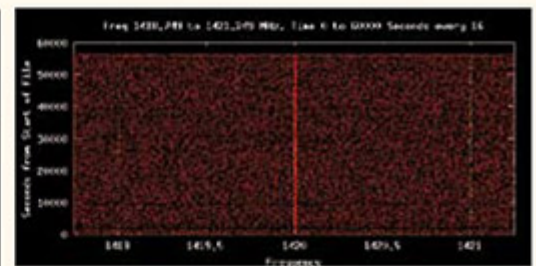
Tomado de: <http://www.naapo.org/NAAPO-BigEar.jpg>

La señal Wow! [izquierda] detectada con el radiotelescopio Big Ear, en la Ohio State University, en 1977.

Figura 10.



Tomado de: <http://www.godefroy.t.freesurf.fr/seti/images/SetiBoinc2.png>



Tomado de: [http://setiathome.berkeley.edu/sah\\_sci\\_newsletters/NL7\\_images/ooo\\_ooo.gif](http://setiathome.berkeley.edu/sah_sci_newsletters/NL7_images/ooo_ooo.gif)

Una imagen característica mostrada por el aplicativo de SETI@home corriendo en un PC convencional como nodo de esa enorme red del proyecto SETI. A la derecha se muestra un ejemplo de lo que se espera ver cuando recibamos una llamada de E.T. Una intensa señal en varias frecuencias que se mantenga en el tiempo y que se mueva al mismo ritmo que las estrellas en el cielo.

una década después, prácticamente todos los datos de SETI han sido analizados, múltiples veces, por más de cinco millones de usuarios alrededor del globo. El trabajo continúa porque la Ciencia es “cabezadura” y muchos paquetes de datos, interesantes y no tanto, esperan ser analizados varias veces por las máquinas conectadas a la red de SETI.

El resultado de este titánico esfuerzo ha sido la identificación de más de 15.000 millones de señales candidatas. Sin embargo, ni una sola de esas candidatas ha sido confirmada en un nivel suficiente como para señalar sin lugar a dudas que hemos recibido una llamada de E.T.

Nos queda un último recurso, que es también, lamentablemente, el más improbable de todos. Un Encuentro Cercano con E.T. La literatura, el cine y la televisión han soñado de todas las formas posibles en el día en el que se producirá este evento fabuloso. Decenas y cientos de “anécdotas” curiosas alrededor del mundo hablan de Encuentros entre personas y supuestos visitantes interestelares. Lamentablemente, casi ninguna de esas experiencias ha sido obtenida, registrada o procesada con métodos científicos, de modo que para los exobiólogos no dejan de ser más que simples anécdotas, carentes por ahora de valor científico. Más allá de esas anécdotas, todavía ningún encuentro con un extraterrestre, registrado científicamente, ha sido establecido.

Un encuentro cercano con vida microbiana, una situación más realista, no se ha producido tampoco. Un microorganismo, sin embargo, estuvo cerca de convertirse en el primer E.T. con el que nos habríamos topado. Su nombre: *Aerovirgula multivorans*. Detectado por primera vez en los sedimentos de un lago con aguas altamente alcalinas, donde normalmente ningún otro microorganismo podría crecer, *Aerovirgula* hizo parte de un curioso experimento astrobiológico (Davies, 2007). Junto con otros microorganismos extremófilos, es decir que soportan condiciones normalmente extremas para la vida (altas temperaturas, grandes dosis de radiación, ambientes químicos atípicos), *Aerovirgula* fue puesto en un caldo de nutrientes muy particular. Las moléculas que están en la maquinaria de la totalidad de formas de vida en la Tierra, los aminoácidos, que hacen las proteínas, los azúcares y las bases nitrogenadas que son los escalones del ADN, tienen una forma especialmente única. Estas moléculas pueden ser creadas de forma natural (en procesos no biológicos) en dos formas distintas pero igualmente probables: la forma D (derecha) y la forma L (izquierda). Ambas formas de organización (ver la figura 11) son la imagen especular una de otra. A las moléculas con esta singular relación se las conoce como enantiómeros, y se dice de ellos que se diferencian por su “quiralidad”. La vida en la Tierra, por razones que desconocemos todavía, está hecha de sustancias con moléculas de una quiralidad o de la otra. Este

fenómeno se conoce como *homoquiralidad*. Los azúcares en los organismos vivos en la Tierra tienen quiralidad D, mientras que los aminoácidos consumidos y producidos por la vida son de tipo L.

El experimento del que participaron *Aerovirgula* y los otros organismos extremófilos consistía en someterlos a una sopa con sustancias hechas de moléculas del tipo “equivocado”. Si alguno de ellos aceptaba este tipo de sustancias, seguramente no debería de ser de por acá. *Aerovirgula* fue la única en pasar la prueba: ¡una verdadera extraterrestre! Se pensó así en un primer momento. Lamentablemente, pruebas posteriores demostraron que se trataba de una bacteria tan terrícola como las demás, simplemente con una capacidad única para digerir azúcares del tipo “incorrecto”. Un encuentro cercano que resultó fallido.

## Una conclusión incómoda

Hemos presentado en estos dos artículos una síntesis de la posición de la Ciencia (especialmente desde lo práctico) frente al problema de la existencia de vida extraterrestre. Hemos enumerado y descrito los principales rastros que la que llamamos “policía exobiológica”, en una analogía muy personal sobre lo que para el autor es la investigación astrobiológica, busca para resolver el problema. Enumeramos también algunas de las más importantes evidencias de la existencia de esos mismos rastros tanto en el sistema solar como fuera de él. Otros resultados han quedado por fuera de esta revisión, por razones de espacio. Invitamos a los lectores a revisar las referencias y notas, especialmente aquellas relacionadas con los sitios de institutos astrobiológicos, grupos de investigación y publicaciones internacionales sobre el tema, para seguirle la pista a esta apasionante búsqueda.

¿Cuál es la única conclusión científicamente aceptable a la luz del conocimiento científico contemporáneo sobre la vida en el Universo? Con la suma de lo que sabemos, reuniendo todas las evidencias acumuladas en varias décadas de investigación exobiológica, incluidas las pruebas de las más sospechosas y de las menos, podemos concluir que E.T. sigue desaparecido.

Todo lo que digamos más allá de esto, ante la inexistencia de una prueba inequívoca de la existencia de vida extraterrestre, sólo puede ser fruto de nuestras esperanzas de encontrar a E.T. en este vasto Universo. Esas esperanzas, que abarcan desde las más encumbradas

creencias basadas en el reconocimiento de que todo está dado física y químicamente en el Universo para que exista la vida hasta las más mundanas, que nos hacen pensar que, de otro modo, “éste sería un gran desperdicio de espacio”, son solamente eso, esperanzas que poco o nada contribuyen a resolver de forma definitiva el “caso policíaco” de la existencia de E.T.

La Ciencia, que es una construcción colectiva, no puede engañarse ni construirse con esperanzas. Mientras no tengamos una pieza de evidencia comprobada, repetible y aceptada por una comunidad académica que promedie las pasiones individuales, no podremos decir si existen los extraterrestres, y mucho menos dónde están.

Un microscopio estuvo cerca de convertirse en el primer E.T con el que nos habríamos topado: *Aerovirgula multivorans*

## Referencias

- Ateya, Suskil, 2007. “The Mystery of Methane on Mars and Titan?”, *Scientific American*, abril.
- Davies, Paul, 2007. “Are Aliens Among Us?”, *Scientific American*, diciembre.
- Hartman, William K. 2003. *A Traveler’s Guide to Mars: the Mysterious Landscapes of the Red Planet*, Workman, New York.

# Hacia la calidad y pertinencia en la formación para el trabajo

**Liliana González Ávila**

Psicóloga Pontificia Univesidad Javeriana,  
especialista en Administración y Planeación  
del Desarrollo Regional, Universidad de los  
Andes.

Directora Ejectuvia de Qualificar, tutora de  
la oit en programas de formación curricular  
por competencias.

**L**a educación a lo largo de la vida es un imperativo actual para permanecer vigente en el mercado laboral, apropiarse de los desarrollos científicos y tecnológicos, actuar como ciudadano en una sociedad de alta complejidad, habilitar capacidad para demostrar competencias y para poner en marcha proyectos personales enriquecedores y estimulantes. Al mismo tiempo, la formación debe apuntar a mejorar las condiciones de productividad y competitividad del país. Frente a este doble reto de productividad y subjetividad humana, la recomendación 195 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2004) insta a los países a impulsar políticas de educación, formación y aprendizajes permanentes para desarrollar competencias que mejoren las condiciones de empleabilidad de la población y el acceso al trabajo decente. Esta indicación tiene una importancia sustancial, en la medida en que permite centrar los esfuerzos del sector privado, el sistema educativo, los trabajadores, la institucionalidad pública y otros interlocutores sociales en torno a esos propósitos. La recomendación sugiere además mecanismos como el aseguramiento de la pertinencia y la calidad de los programas de formación, la introducción de las nuevas tecnologías de información y comunicación, el fortalecimiento de las competencias de lectura y escritura, la atención diferencial a poblaciones en condición de vulnerabilidad, la articulación de los distintos niveles educativos y la orientación socioocupacional, entre otros. Para ello, se requiere consolidar sistemas de formación y certificación de competencias. Este tipo de certificación es un factor democratizador, puesto que reconoce el saber hacer, sin importar si una persona ha desarrollado las competencias propias de una ocupación empíricamente o si las ha formado gracias a un proceso educativo en una institución de élite; lo que se valora es su actuación efectiva al anticipar, enfrentar y resolver un problema en el mundo productivo. Así, los individuos pueden competir en mayores condiciones de igualdad, sin importar la fuente o los espacios donde han desarrollado sus aprendizajes. Las certificaciones de competencia laboral se convierten en una carta de presentación que agrega valor en los procesos de búsqueda de empleo o de postulación a nuevas posiciones en una organización, ya que revelan lo que una persona puede aportar concretamente en un espacio productivo.

## El Sistema Nacional de Formación para el Trabajo (SNFT)

En consonancia con la recomendación de la OIT, el Conpes 81 de 2004 convocó a las instituciones gubernamentales y a las de educación media, técnica, tecnológica y de formación para el trabajo y el desarrollo humano, a los trabajadores y al sector productivo a consolidar un sistema de formación para el trabajo que atienda la pertinencia, la normalización, la formación y la certificación de la calidad de la oferta.

En desarrollo del Conpes 81, el Decreto 2020 de 2006 creó un sistema de calidad de la formación para el trabajo que, integrado al sistema nacional de calidad y articulado internacionalmente, convoca a los interesados a diseñar colectivamente normas para certificar programas e instituciones. Este proceso, liderado por la Unidad Sectorial de Normalización de la Formación para el Trabajo del Ministerio de Educación Nacional, con el reconocimiento del Icontec y del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, ha llevado a la expedición de tres normas técnicas con los requisitos para los sistemas de gestión de calidad en las organizaciones de formación para el trabajo y las condiciones de los programas de formación para el trabajo (Icontec, 2007). Con base en estas normas, los organismos acreditados por la Superintendencia de Industria y Comercio evaluarán los programas e instituciones, para otorgar una certificación de calidad.

## Calidad de la oferta de formación para el trabajo

La certificación de calidad para las instituciones y los programas de formación para el trabajo y el desarrollo humano se convierte en un estímulo para que las entidades incorporen principios, valores y prácticas asociados a una cultura de la calidad orientada a satisfacer las necesidades de los beneficiarios de su acción: estudiantes, empresas, otras entidades educativas y la sociedad en su conjunto.

Por tanto, se espera que las instituciones acumulen sus conocimientos a través del aseguramiento de procesos, incorporen prácticas de mejoramiento continuo y afinen su capacidad de diseño de programas más pertinentes. Asimismo, que promuevan aprendizajes consistentes en sus estudiantes, con ambientes y recursos adecuados, docentes con competencias técnicas y pedagógicas, además de metodologías activas para la construcción del conocimiento y el desarrollo de la capacidad de actuación.

Por lo anterior, más allá de la certificación de calidad, se busca generar transformaciones en las instituciones en torno a su capacidad de lectura del entorno, sus sistemas de gestión, el diseño de los programas, el enfoque de formación y evaluación, el monitoreo de sus resultados y el seguimiento de sus egresados.

Al consolidar el SNFT se crea un consenso sobre el concepto de formación para el trabajo: desarrollar competencias específicas o transversales asociadas a ocupaciones según la Clasificación Nacional de Ocupaciones, CNO. Esta definición favorece la creación de un marco nacional de cualificaciones y la generación de acuerdos y equivalencias para identificar los programas de formación y sus resultados en términos de competencias.

Con la CNO como referente se establece un diálogo que permite la movilidad dentro del sistema educativo y el reconocimiento de los programas por parte de estudiantes, trabajadores, empresarios y formadores. Asimismo, facilita la visualización de campos o familias ocupacionales a las que pueden apuntar la educación y la formación para el trabajo, pues en sus áreas de desempeño<sup>1</sup> presenta las ocupaciones organizadas por crecientes niveles de cualificación. Los niveles están determinados por el grado de responsabilidad frente al trabajo de terceros, la subordinación, los recursos, las decisiones, la complejidad de las acciones y su impacto, así como su repetición. La habilitación para demostrar estos niveles puede darse por una experiencia práctica en el mundo real o mediante un proceso educativo a través del cual se desarrollan esas competencias. También puede presentarse por la combinación de ambas opciones: práctica y formación.

## Funciones vs. tareas: distinción clave para entender las competencias

Es importante resaltar que la CNO incluye funciones, es decir, un conjunto complejo de actividades que agregan valor en una cadena productiva, y no simplemente tareas puntuales. La desagregación de las funciones productivas en niveles de mayor a menor complejidad y especificidad hasta llegar a la competencia –unidad de contribución individual en la cadena de producción de un bien o servicio– es la metodología de análisis funcional con la que se identifican en el país las normas de competencia.

Las normas de competencia laboral<sup>2</sup> son como una gran síntesis de lo que una persona requiere saber, saber hacer y saber ser para actuar efectivamente en un escenario de trabajo, propio o ajeno. En otras palabras, son una herramienta para reconocer el papel del talento humano en la transformación productiva de la nación y, más aún, para promover su mejoramiento.

Las funciones comprenden procesos motrices, cognitivos y valorativos. Por tanto, abordar las competencias no significa una aproximación instrumental y mecánica a la actividad productiva, sino más bien un reconocimiento a su integralidad. De ahí que éstas no se entienden solamente como realizar una actividad rutinaria y mecánica sin sentido o comprensión de su dimensión teórica, tecnológica e instrumental, y de su contribución a la cadena de valor. Por el contrario, se definen como un conjunto de conocimientos, destrezas, habilidades, actitudes y valores que permite actuar en situaciones de

1. Según la CNO, las áreas de desempeño son: dirección y gerencia; finanzas y administración; ciencias naturales, aplicadas y relacionadas; salud; ventas y servicios; explotación primaria y extractiva; operación de equipos y transporte; además de procesamiento, fabricación y ensamble.

2. En Colombia, las normas de competencia laboral son identificadas por las mesas sectoriales a partir de la metodología del análisis funcional, proceso en el cual cuentan con la orientación del Sena.



complejidad creciente. La función responde también a las acciones de aseguramiento de la calidad que son responsabilidad de quien desempeña la función productiva.

El análisis de los componentes normativos de un elemento de competencia muestra su integralidad y su carácter holístico. Éste se da a partir de los criterios de desempeño (resultados de la acción en términos del valor que se agrega a los productos y servicios), los conocimientos y comprensiones esenciales (sustrato teórico y científico de los desempeños), los rangos o condiciones de aplicación (elementos del contexto y de la tecnología) y las evidencias (demostraciones de la competencia).

## Hacia un sistema integrado de educación

Una transformación fundamental resultado de la aplicación del enfoque de competencias es la consolidación de un sistema educativo integrado en el que la división entre los niveles se desvanece, para generar un encadenamiento orientado a la formación de competencias a lo largo de la vida.

Desde este enfoque, los diseños curriculares se organizan en módulos o unidades que responden a las competencias definidas en los perfiles ocupacionales, los cuales deben ser construidos o, por lo menos, validados con el sector productivo.

En los diseños se incluyen, entre otras, las competencias laborales específicas (que apuntan a las funciones productivas); laborales generales (orientadas a la capacidad de adaptación al espacio productivo y al aprendizaje en éste); ciudadanas (relacionadas con la autorregulación del comportamiento y la comprensión de las normas y acuerdos de convivencia); básicas (lenguaje y matemáticas) y científico-tecnológicas (propias de las disciplinas sobre las que se fundamentan las funciones productivas). Esta gama de competencias responde a las necesidades del sector productivo, al tiempo que favorece una formación integral que no es de carácter terminal. No sólo se apunta a la empleabilidad inmediata de los egresados, sino que se promueven la continuidad en cadenas de formación e, incluso, la orga-

nización personalizada de itinerarios educativos. Esta característica de la oferta derivada del enfoque de competencias se constituye en un reto académico y de gestión para las instituciones educativas y entidades de formación para el trabajo.

Además, los programas se diferencian y se articulan por las competencias que forman, ya que los diseños curriculares pueden incluir diferentes tipos de módulos:

Los propios del programa, que apuntan a las competencias específicas asociadas a la función productiva de la ocupación a desarrollar, según el perfil validado con el sector productivo.

Algunos comunes a diversos programas de la educación media o de la superior técnica, tecnológica o universitaria que pueden tratar competencias laborales específicas de carácter transversal al campo o la familia ocupacional.

Otros de carácter propedéutico frente al ciclo educativo siguiente o a una formación para el trabajo y el desarrollo humano relacionados con las competencias de una ocupación con un nivel mayor de complejidad y responsabilidad, y menor nivel de rutina y subordinación.

Esta propuesta de módulos para la organización de ciclos propedéuticos en la educación superior está en proceso de discusión, con miras a la construcción de una política en el tema (Ministerio de Educación Nacional, 2007) y ha orientado el desarrollo de una serie de programas, liderados por alianzas, con participación del sector productivo, que promueve el Ministerio de Educación Nacional a través del Programa de Fortalecimiento de la Educación Técnica y Tecnológica.

Los módulos o unidades de aprendizaje se diferencian de las antiguas asignaturas, ya que se diseñan para formar las competencias y, si bien trabajan contenidos científicos disciplinares, éstos se presentan contextualizados para que los estudiantes los apliquen como parte de la fundamentación de las funciones productivas en las que se utilizan las competencias que están desarrollando.

La transformación curricular con miras a la articulación entre programas y niveles implica, además de la modularización, asumir mecanismos de organización de las unidades de tiempo de aprendizaje, como los créditos académicos empleados en la educación superior.

Aunque desde el punto de vista ocupacional la formación por ciclos propedéuticos puede ser terminal en sí misma, en tanto habilita para el ingreso al mercado laboral según un perfil requerido en el mundo productivo, es al mismo tiempo preparatoria para un nivel de mayor complejidad mediante otros módulos.

En conclusión, la oferta de formación con este enfoque deviene pertinente, flexible y acumulativa, incluso desde la educación media, la educación superior técnica y tecnológica y la formación para

el trabajo. Es pertinente porque se diseña con base en normas de competencia laboral, con las ventajas en términos de la información del sector productivo que éstas representan, y a partir de perfiles ocupacionales validados con éste. Es flexible, en tanto permite diversas entradas y salidas a los programas, gracias a procesos de articulación entre niveles y a la validación

## Las normas de competencia laboral son una herramienta para reconocer el papel del talento humano en la transformación productiva de la nación.

de los aprendizajes previos. Su carácter modular admite la organización del plan de estudios con una lógica diferente a la secuencial, en función de los intereses y posibilidades de los alumnos y de las competencias que se quieran certificar posteriormente. La alternancia de períodos de estudio y trabajo es admitida, lo que permite a las personas estudiar según sus posibilidades financieras y de tiempo. La oferta también es acumulativa, ya que la formación en varias competencias permite apostarle a una titulación laboral e ir sumando los aprendizajes que se requieren para un nivel educativo superior.

La transformación que supone el enfoque de competencias es la apuesta por una oferta que promueve la educación a lo largo de la vida, y con ello, por una población más preparada para enfrentar los retos económicos, productivos y sociales que representa la sociedad del conocimiento.



## Referencias

Catalano, Ana (coord.) 2006. *Enseñar y evaluar en formación por competencias laborales: orientaciones conceptuales y metodológicas*, Buenos Aires, BID/FOMIN; CINTERFOR/OIT.

González Á., Liliana. 2007. *Manual para el diseño y ajuste de programas de formación para el trabajo bajo el enfoque de competencias*, Bogotá, Ministerio de Educación Nacional, Qualificar.

González Á., Liliana, Pinzón S., Martha y Espeleta D., Mildreth. 2006. *Guía metodológica para la formación de competencias laborales*, Bogotá, Fe y Alegría, Qualificar.

Icontec. 2007. NTC 5555. *Sistemas de gestión de calidad para organizaciones de formación para el trabajo*, Bogotá, Icontec.

-----, 2007. NTC 5582. *Programas de formación para el trabajo. Requisitos*, Bogotá, Icontec.

-----, 2007. NTC 5581. *Programas de formación para el trabajo en el área de idiomas. Requisitos*, Bogotá, Icontec.

Ministerio de Educación Nacional. 2007. "Política pública sobre educación superior por ciclos y por competencias". Documento de discusión. Disponible en internet en: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-131953.html> Fecha de consulta: 25 de agosto de 2007.

Organización Internacional del Trabajo, OIT. "Recomendación 195 del 1º de junio de 2004". Disponible en internet en: [http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/region/ampro/cinterfor/publ/pro\\_195/pdf/anexo2.pdf](http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/region/ampro/cinterfor/publ/pro_195/pdf/anexo2.pdf) Fecha de consulta: 25 de agosto de 2007.

República de Colombia. 2006. "Articulación de la educación con el mundo productivo. Competencias laborales generales". Guía No. 21, Bogotá, Ministerio de Educación Nacional.

-----, Conpes 81 de 2004.

-----, Decreto 2020 de 2006.

SENA. 2005. *Clasificación Nacional de Ocupaciones*, Bogotá, Sena, Dirección General.

-----, 2003. *Manual para diseñar estructuras curriculares y módulos de formación para el desarrollo de competencias en la formación profesional integral*, Bogotá, Sena, Dirección de Formación Profesional. División de Investigación y Desarrollo Técnico Pedagógico.

# Escrituras en pantalla y trabajo pedagógico

## Nancy Agray Vargas

Licenciada en Filología e Idiomas. Universidad Nacional de Colombia.

Profesora del Departamento de Lenguas. Pontificia Universidad Javeriana.

Especialista en Estudios Culturales. P.U.J.

Máster en Enseñanza de Español como Lengua Extranjera. Universidad Antonio de Nebrija.



Uno de los últimos libros de Alejandro Piscitelli (2005), *Internet, la imprenta del siglo XXI*, es absolutamente sugerente y revelador de datos ocultos detrás de las prácticas cotidianas relacionadas con las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. El uso del correo electrónico, la participación en chats y foros de discusión, la publicación de un blog o la participación en una wiki como forma de producción colectiva de información y conocimiento, son actividades en las que participan cada vez más personas; sin embargo, la reflexión sobre la integración de tecnología y cultura que allí se expresa o la importancia de una nueva epistemología que permita entender y valorar en su justa medida estas tecnologías en la educación aún está por realizarse. Este artículo es una contribución a esta reflexión.

### Escritura, tecnología y cultura

Nuestro mundo está tejido por la técnica. Esa infinidad de objetos que nos circundan y nos delimitan, que nos expanden y nos arrinconan en nuestra cotidianidad, son productos de la técnica. Vestido, transporte, comunicaciones, espacios habitables, medicina, alimentación, ocio y trabajo. La organización de la producción de esos bienes culturales es a lo que se le llama *tecnología*, entendida como la planeación, diseño y previsualización de lo que se producirá y, finalmente, la organización de su producción. La técnica y la tecnología nos construyen todos los días, ya sea por los nuevos deseos que surgen detrás de los nuevos productos de ellas, o por las transformaciones que surgen por su uso, o por la ampliación y transformación de nuestros sistemas perceptivos y cognitivos que vienen aparejados con su emergencia.

En la historia del ser humano una de las tecnologías fundamentales para la construcción de la cultura material y espiritual de las sociedades ha sido la de la escritura. “Deberíamos recordar aquí, para contextualizar la discusión, que la tecnología no consiste solo en máquinas y artefactos. Así como las computadoras y los coches son productos tecnológicos, también lo son el lápiz y el papel, el plano del Empire State y una receta de cocina” (Piscitelli, 2005: 14).

El inicio de la representación simbólica de la experiencia existencial de los seres humanos sobre superficies de variados tipos de materiales permitió la fijación física de la historia de los pueblos, los saberes, valores y sentimientos que los individuos y las sociedades fueron construyendo en su deambular por el mundo.



Hoy, se repite de manera casi obsesiva que tenemos nuevas tecnologías de la información y la comunicación, estamos tanto preocupados como interesados en ellas, ignoramos casi todo sobre su producción pero vamos aprendiendo a fuerza de e-mail y páginas web, de videoconferencias y foros virtuales, de libros electrónicos y blogs, de videos y películas en el computador. Una gran parte de todo ese nuevo mundo queremos denominarlo con una metáfora: *Escrituras en pantalla*, con la cual se pretende descentrar el acto de escribir de un solo soporte físico y de un solo tipo de discurso, el escrito, para considerar el universo más profundo, versátil, plegable y expandible de la pantalla del computador.

La escritura que nos interesa aquí es aquella en la cual la elaboración del discurso y su forma final es realizada por el mismo individuo, es decir, que todos los códigos utilizados para el desarrollo del contenido, su distribución y estructura son decididos por el "escritor" en un acto consciente de elaboración de enunciados y discursos y cuyo registro gráfico se da sobre un soporte con instrumentos diversos que permiten su legibilidad. No podemos olvidarnos tampoco, al hablar de escritura, de conceptos como el de reproducción y difusión pública de los escritos y también del de lectura, como complemento intelectual necesario de la escritura.

Toda escritura supone una tecnología. La escritura cuneiforme requería tablillas de arcilla sobre las que se hacían incisiones como ranuras con objetos de madera parecidos a un lápiz, y los jeroglíficos, dibujados en paredes y piedras, requerían una tecnología distinta que incluía materiales de colores con los cuales definir los signos sobre la superficie; esas escrituras eran menos tecnológicas que la correspondiente a la de las inscripciones sobre papiro y, más tardíamente, sobre papel, por los procesos necesarios para producir estos soportes, mas no en cuanto a la operación fáctica de dibujar signos sobre una superficie.

Más compleja tecnológicamente resulta la escritura mediante una máquina de escribir, artefacto inventado en Europa a mediados del siglo XIX y que ingresó a las oficinas en su versión definitiva en 1874 con la flamante marca de fábrica "Remington". Al oprimir la tecla del signo que se deseaba, mecánicamente la máquina lo imprimía sobre la hoja de papel, y al realizar la operación de devolver el carro que sostenía la hoja cuando se terminaba un renglón, automáticamente la hacía subir para iniciar uno nuevo.

Era la tecnología que involucraba las técnicas de palancas y engranajes heredados de la revolución industrial, que permitía realizar una acción en un lugar del artefacto y producir un efecto a distancia en otro lugar; con ella, la corporalidad de la escritura cambió fundamentalmente. Ya no se necesitaba la

1. Término utilizado inicialmente por Marín (s. f.), que hace referencia a la distribución y abundancia de entidades producidas en la actividad cognitiva de una sociedad y de sus relaciones entre sí y con el medio ambiente biológico, social y cultural.

habilidad para elaborar los signos y el cuerpo ya no realizaba una acción directa sobre el soporte. La acción del cuerpo sobre el instrumento de escritura ya no era guiarlo en un recorrido que dejara al final el signo reconocible (de la mente a la mano que dibuja) sino solamente golpear unas teclas (de la mente a la mano que golpea), acto corporalmente menos elaborado, intelectualmente menos complejo pero más eficiente.

Y ¿cuál es la situación actual? El teclado del computador es heredero del teclado de la Remington, el *qwerty*, pero actualmente no está estructurado sobre un artefacto mecánico sino conectado a un artefacto electrónico donde las palancas y las poleas se han reemplazado por microchips y circuitos que transmiten una información en forma de “ceros y unos” que se hace presente como texto escrito en una pantalla de computador que no es un soporte físico sino virtual de los discursos. La diferencia tecnológica corresponde a la diferencia entre una ecología cognitiva<sup>1</sup> de los comienzos de la modernidad y a una que corresponde a la de los comienzos de la posmodernidad. El cambio sustancial radica en que, hasta hoy, cuando un discurso escrito se terminaba, es decir, se podía leer, ya estaba anclado en el soporte, y a menos que lo destruyéramos físicamente, allí permanecía. En el computador es distinto. Cuando uno termina un escrito, lo puede leer, corregir, transformar, pero si no realiza una operación subsiguiente, sea guardar o imprimir, el texto no existe físicamente y puede desaparecer con solo dar un clic.

Pero ésa no es la única diferencia de las escrituras anteriores con la que se abre paso en esta época. Las diferencias también tienen que ver con la temporalidad de la escritura y la lectura, la estructura de los discursos, los elementos constituyentes, la distribución visual y espacial y otras que propendremos alrededor de los conceptos de *hipertexto e hipermedio*.

## Hipertexto e hipermedio

“El hipertexto es una tecnología que organiza una base de información en bloques distintos de contenidos, conectados a través de una serie de enlaces cuya activación o selección provoca la recuperación de información” (Díaz *et al.*, 1996).

También, “El hipertexto ha sido definido como un enfoque para manejar y organizar información, en el cual los datos se almacenan en una red de nodos conectados por enlaces. Los nodos contienen



textos y si contienen además gráficos, imágenes, audio, animaciones y video, así como código ejecutable u otra forma de datos se les da el nombre de *hipermedio*, es decir, una generalización de hipertexto” (Díaz *et al.*, 1996).

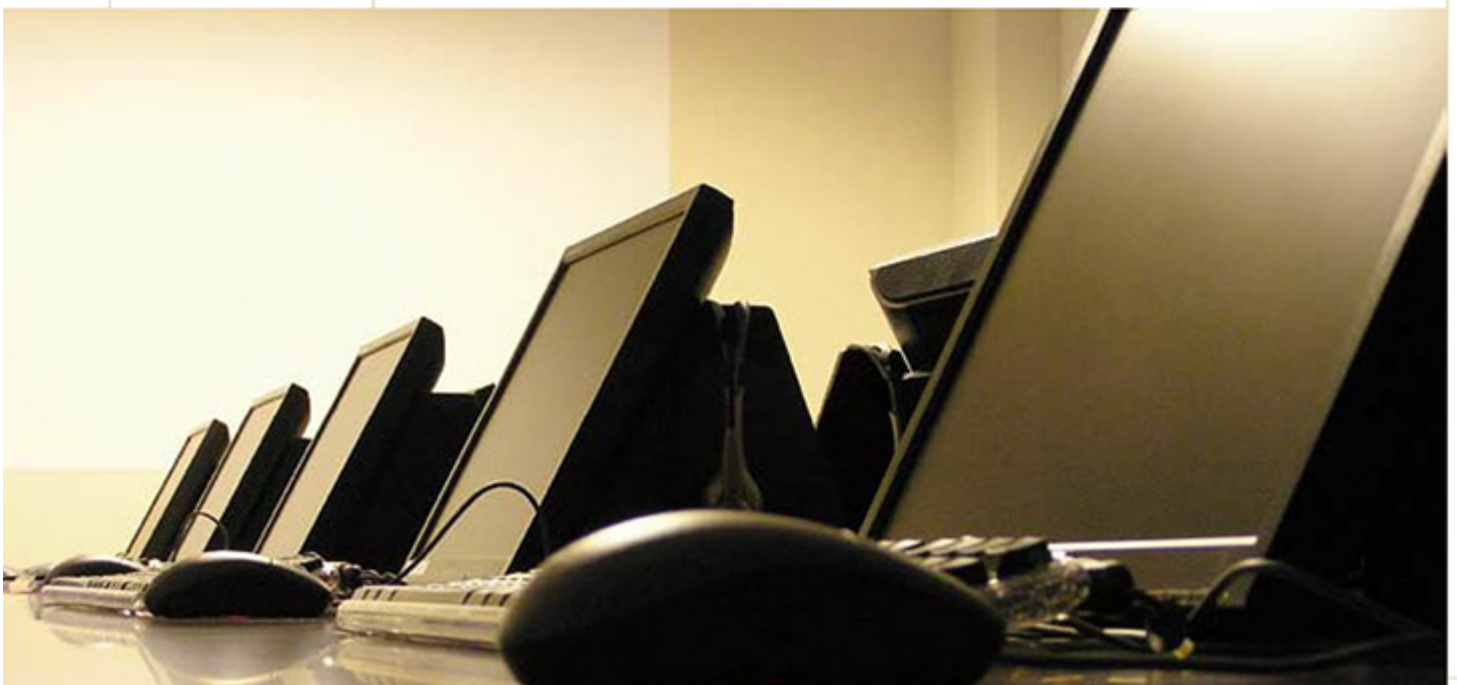
Cualquiera que sea la definición que tomemos de hipertexto, lo característico de todas es la idea de un texto no lineal, estructurado como una red que tiene múltiples nodos de información con los cuales se puede conectar inmediatamente el usuario en forma interactiva. Lo fundamental del hipermedio, además de las características del hipertexto, es la de ser multisensorial al integrar en una sola experiencia interactiva escritos, imágenes, sonidos, videos, juegos, simulaciones, etcétera.

Como analogía, podemos plantear que el *hipermedio* es el soporte de los nuevos discursos multimediales y, también, la superestructura que aglutina las otras estructuras que codifican los mensajes de una manera “otra”. De suerte que allí convergen, como en su espacio propio, libros, artículos, diseños, mapas, fotografías, videos, películas, programas de radio y televisión, archivos y programas de computador, etcétera.

Esta novedad del texto contemporáneo exige una nueva forma de leer y de escribir, requiere de una alfabetización y exige y genera nuevos conocimientos y competencias. Las nuevas generaciones, es decir, aquellas que “nacieron con el computador entre la cuna”, han ido adquiriendo esta alfabetización de forma casi tan natural como se adquiere la lengua materna, pero las generaciones anteriores, a las que pertenecemos la mayoría de los profesores de todos los niveles educativos, tenemos la necesidad de aprender estos nuevos lenguajes como si fueran segundas lenguas. Necesitamos metodologías y textos informativos, pero sobre todo práctica, además de apertura para aprender de nuestros estudiantes, que son “hablantes nativos”, trabajando con ellos y proponiéndoles, a los más avanzados, su participación como tutores en nuestras prácticas pedagógicas. Materialmente, las necesidades son sencillas: el computador con los programas básicos, la pantalla y una conexión a internet.

### Los weblogs y las wikis

Para Piscitelli, el weblog es una página web que se actualiza más que frecuentemente y está marcada por la personalidad de su autor, que le imprime su sello a través de la escritura. Cada una de las nuevas entradas se coloca arriba de todo, estructura que constituye su característica. La unidad de publicación en un weblog es el posteo o desarrollo de una idea. Muy a menudo esta viene provista de una lista de links dispuestos a los lados del texto principal. (Piscitelli, 2005: 51)



Esta definición de los weblogs o blogs destaca en primer lugar que es una página web y, por lo tanto, su soporte será una estructura hipertextual, que se manifiesta en el hecho de que normalmente tiene links que remiten a otros blogs o a otros sitios de internet con los cuales el autor quiere ampliar y sustentar su idea o buscar interrelaciones que en un futuro puedan dar origen a redes de comunicación virtual. Además, actualmente los blogs soportan audio, fotografías y videos que los convierten en *hipermedios*. Aspectos fundamentales de este nuevo formato de comunicación son la facilidad con la cual se puede crear, el hecho de que se puede publicar sin costo alguno y que, en principio, se puede decir lo que uno quiera. Es el espacio para publicar la “narración” propia.

Estas características crean la idea de que es un medio democrático, para todo el mundo; sin embargo, está limitado, naturalmente, por los mismos factores que limitan el acceso a un computador con conexión a internet, y a los niveles educativos necesarios para que se dé la posibilidad y la necesidad de escribir como una forma de decir que existimos en el mundo.

Como *escrituras en pantalla*, las primeras versiones de los blogs fueron, y en gran medida siguen siendo, sencillamente escrituras, como si la

pantalla fuera una hoja de papel, pues se repiten las formas de escribir en ellas en cuanto a orden de los textos, esquemas de títulos, subtítulos, llamadas a pie de página, estructura de los renglones, etc. No obstante, no se trata de la misma escritura. Quien monta un blog está dispuesto, o debe estarlo, a escribir no solamente una página o unas cuantas páginas y ya, se acabó. El auténtico blog debe cumplir con la expectativa que se crea cuando éste entra en la red, es decir, un sitio de actualización permanente. Ésa es la materia fundamental de la cual están hechos. En este sentido, el blog se diferencia de la página web tradicional, cuya actualización es más lenta, a veces demasiado lenta, y del libro o del artículo de revista, que realmente no tiene forma de ser actualizado dentro de los cánones normales de edición. La *escritura en pantalla* tiene, además, la posibilidad de reformular lo escrito previamente, de reeditarlo, de tal manera que aquí no es válido el dicho “lo escrito, escrito está”, pues después de leerlo puede no estar.

¿Pero qué podemos decir de la influencia de los blogs en la información y la comunicación global a comienzos del siglo XXI? ¿Poner un blog en la red es como lanzar una botella con mensaje a los mares del mundo? Claro que no, pero puede que sí. En el momento de escritura de su libro, Piscitelli (2005) dice que existían en la red más de 5,3 millones de blogs; actualmente, quienes hacen inventario de la blogosfera calculan que existen alrededor de 110 millones, ¡y el número sigue en aumento!

Con la ausencia actual de sistematización real de la información sobre los blogs, es muy probable que al año de haber puesto un blog en la red nadie lo haya leído, y en ese sentido sí es como una botella en el mar, que no genera información ni comunicación. No obstante, el hecho de que los “bloggers” permanentemente estén estableciendo links con blogs que tienen relación con sus intereses intelectuales y comunicativos determina que se vayan construyendo redes temáticas que pueden permitir que, finalmente, el mensaje de la botella atrapado en una de estas redes sea leído por alguien.

Los blogs han demostrado su potencia como medios de comunicación masiva en procesos sociales y políticos como las elecciones en Estados Unidos y otros países, las marchas de protesta contra la violencia en Colombia o el derrumbe de las Torres Gemelas y la guerra de Irak. A través de ellos se convoca, se informa, se desinforma, se convence o se justifica desde el punto de vista del ciudadano común de la sociedad civil.

Pero esta realidad de los blogs como medios masivos de comunicación, capaces de filtrar y reconstruir información de los lugares más diversos, remite también a la verdadera utilidad de esta información, pues en este momento estamos teniendo una infoxicación. La información no se convertirá en

Las nuevas generaciones se han alfabetizado en las formas contemporáneas de leer y escribir tan naturalmente como se adquiere una lengua materna.

conocimiento personal y social si no es comprendida, transformada y convertida nuevamente en información. No mejorará nuestro conocimiento del mundo para actuar en él mientras sólo sea una montaña de información digital literalmente “archivada” en redes virtuales y computadores.

Justamente, ésta sería la labor fundamental del trabajo pedagógico: contribuir al desarrollo de criterios que permitan la discriminación y organización de la información para que, procesada y apropiada, ayude a la construcción de la autonomía y la individualidad de los estudiantes en un ambiente colectivo, crítico y colaborativo, con base en las nuevas tecnologías.

Ahora bien, las escrituras en pantalla pueden ser una actividad colectiva que vaya más allá del carácter individual de los blogs, aunque aún éstos ya dan la posibilidad colectiva a través de los comentarios que cualquier usuario puede hacer a los discursos escritos en ellos, o de su participación como autor invitado. No obstante, una posibilidad de *escritura en pantalla* más amplia y colaborativa la dan las wikis, páginas web hipertextuales que pueden ser editadas y complementadas por cualquier usuario.

El ejemplo más famoso y dinámico es la Wikipedia, una enciclopedia construida por miles de usuarios que frecuente o esporádicamente hacen aportes a los artículos que allí están registrados. Aunque en ámbitos académicos especializados esta enciclopedia puede no tomarse como una referencia válida, lo cierto es que sus artículos no siempre carecen de rigor y son una buena aproximación al inicio de una indagación. Una de las fortalezas de la Wikipedia, por ejemplo, es que sus enlaces permiten visitar páginas especializadas donde el tema que se busca puede tener un tratamiento más profundo.

No es necesario proponer aquí estrategias para el uso de las wikis en el trabajo pedagógico, pues éstas surgirán a partir de la creatividad de estudiantes y profesores, con base en sus propias necesidades, tomando como ejemplo paradigmático la Wikipedia. Lo que debe estar presente en la praxis de los usuarios es que esta herramienta es ni más ni menos que un ejemplo contundente de la articulación de tecnología y cultura. Principalmente, los maestros necesitan, además de la alfabetización en las nuevas tecnologías, considerar, desde una epistemología nueva, el significado de esta articulación. Una tecnología de la información y la comunicación determina el proceso de difusión y divulgación de los saberes

y, por lo tanto, el de la construcción de representaciones del mundo y, a partir del impacto general en la cultura, también influye en los procesos de producción del conocimiento.

Pero la tecnología por sí misma no va a producir cambios contundentes en los procesos pedagógicos, como ya se ha visto en muchas insti-

## La información no se convertirá en conocimiento personal y social si no es comprendida, transformada y convertida de nuevo en información.

tuciones educativas que han llenado las aulas con televisores, computadores, proyectores de video y demás artefactos tecnológicamente novedosos que nunca han podido ser utilizados para la formación de *personas* autónomas ni para la construcción y distribución eficiente de saberes, por la ausencia de objetivos pedagógicos claros, de articulación con tecnologías anteriores y, fundamentalmente, por la ausencia de formación de los docentes que les permita una nueva visión del trabajo pedagógico en el entorno cultural de las nuevas tecnologías.

### Escribir en pantalla

Escribir en pantalla como actividad creativa y de conocimiento puede ser una nueva forma de escribir que propone también una nueva forma de leer y de interactuar. El espacio de lectura y escritura es la pantalla electrónica. Lo primero que hay que abandonar es la idea de que estamos escribiendo en una hoja de papel pues las palabras no están escritas en la pantalla, están flotando en un espacio multidimensional que permite su aparición y desaparición desde/hacia todos los lugares de ese espacio con un clic, con velocidades y características que pueden variar de unas a otras y cuyas interrelaciones



no son únicas sino que, en juegos de vaivén, se pueden relacionar de formas diversas multiplicando sentidos, discursos y significados. A esta versatilidad de las palabras en pantalla es a lo que Antonio Rodríguez de las Heras (2007) denomina *cinestesia del texto*. Ni el renglón es un renglón definido, ni los tamaños de las letras tienen que ser siempre iguales, ni la sugerencia de lectura debe ser de izquierda a derecha ni de arriba hacia abajo.

Nueva forma de escribir que va más allá de la sola alfabetización básica, pues involucra la creatividad y la invención apoyadas por las nuevas tecnologías. No solamente estamos construyendo el nuevo texto con palabras sino también con imágenes y sonidos que se transforman y multiplican con la utilización de las enormes posibilidades de los nuevos softwares. Esta escritura no depende jerárquicamente de la palabra y sus leyes sino que desarrolla todo su potencial en la construcción de significados mediante una codificación hipermedial contemporánea.

Inconscientemente, los jóvenes de ahora estudian sumergidos en un ambiente que tiene algunas características de las escrituras en pantalla creativas, cuando sentados frente al computador y a los libros abiertos se comunican por el chat con varios amigos, escuchan su música preferida a través del iPod y simultáneamente ven televisión. Para los adultos de otras generaciones, así no se puede estudiar ni aprender nada; para los jóvenes, es su forma de construir sus conocimientos.

Igualmente, a la hora de narrar, nos encontramos con una forma narrativa nueva que sobrepasa los cánones tradicionales, aunque sigamos teniendo personajes y conflictos, inicio, desarrollo, clímax y desenlace. Si *Rayuela* de Cortázar es una novela que son muchas novelas, dependiendo de la secuencia de lectura de los capítulos, las escrituras en pantalla nos ponen frente a diferentes secuencias de las frases, las palabras, las imágenes y los sonidos, multiplicando enormemente los significados.

Comentando su novela *Tierra de extracción*, escrita para la pantalla electrónica, Doménico Chiappe dice en relación con su escritura:

... una "retórica multimedia", que requiere cumplir tres condiciones fundamentales. La primera, la economía, que dota de rapidez la exploración de los contenidos.

La segunda, la compartimentación de la información que se logra a través de los hipervínculos que pueden ser textuales, musicales, hemerográficos, narrativos, fotográficos y plásticos, y que a su vez suponen un plano narrativo distinto al que utiliza en ese instante el usuario.

Por último, el carácter lúdico para que la navegación de la obra divierta y proporcione gozo estético. (Chiappe, D., 2007)



¿Y cuál es la importancia de estos conceptos y reflexiones sobre la escritura en pantalla para el trabajo pedagógico? La escritura creativa en pantalla es una etapa avanzada de las escrituras previas como el e-mail, el chat, los weblogs y las wikis, y, naturalmente, los cursos diseñados especialmente para internet. Las nuevas generaciones nacieron dentro de esta nueva “ecología cognitiva”; por lo tanto, sus elementos no les son extraños pero eso no significa que la mayoría los utilice solvente y creativamente. Entonces, el papel del profesor es comprender estas nuevas formas narrativas y discursivas como elementos culturales indisolublemente ligados a las nuevas tecnologías que pueden ser los nuevos instrumentos de información y comunicación en el trabajo pedagógico, cuyo fin último es la formación de los estudiantes, la construcción de su autonomía y el desarrollo de su creatividad en un espacio social compartido. Tal vez, actualmente el maestro es más importante que nunca.

### Primero lo primero... ¡después el resto!

La versatilidad de las nuevas tecnologías, la impresionante simultaneidad que permiten en los procesos de comunicación, la eficiencia en los procesos de búsqueda de información y la manera mágica como hacen posible ensamblar los elementos más diversos para construir nuevas narrativas no pueden hacernos olvidar que las tecnologías no producen conocimiento por sí solas, que sin una claridad sobre el objetivo central de la pedagogía, la tecnología más sofisticada se puede quedar en puro espectáculo, y que sin una verdadera formación tecnológico-cultural estos nuevos medios terminarán siendo más un estorbo que una ayuda para el trabajo pedagógico creativo.

Es necesario, por tanto, proponer algunos elementos en este sentido. La *pedagogía* se puede entender como la acción-reflexión-acción sobre el proceso formativo de los individuos dentro del sistema educativo, entendiendo que:

Formar quiere decir actualmente que el individuo tome conciencia de su dimensión individual integral que es biofísica, psico-social, histórica y cultural y que, como integrante de una sociedad global donde existe una gran diversidad étnica, cultural y espiritual, su destino está integrado al de la humanidad, al de las otras especies y al del único planeta conocido donde podemos vivir.

Por lo tanto, formar significa, además de la apropiación de saberes existentes y la producción de otros nuevos, el desarrollo de los valores éticos, la apropiación y ejercicio de los procesos de producción de estos saberes y su aplicación, para conquistar mayores niveles de autonomía y autodeterminación en diálogo permanente con “el otro”. (Cubillos, 2003).

Este concepto de Pedagogía es el pilar fundamental sobre el que consideramos se debe desarrollar la utilización de las nuevas y viejas tecnologías y, en general, de todos los nuevos y viejos elementos didácticos.

Como una propuesta pedagógica adecuada para nuestro tema de las escrituras en pantalla, también es lícito rescatar el concepto de "inteligencia repartida" de David Perkins quien plantea que el aprendizaje no es un proceso de la "persona sola" sino de "la persona más el entorno".

La modalidad de operar solo –sin colaboración, sin recursos físicos externos y sin información proveniente de afuera– no es lo habitual. Normalmente, sea en sus hogares, en los lugares de trabajo o de recreación, la gente funciona según distintas versiones de la "persona más el entorno", haciendo uso intensivo de la información y de los recursos físicos, y también de la acción y la dependencia recíprocas de los otros. (Perkins, 2003: 134)

Así sea sólo la escritura de e-mails, cuando éstos son respondidos ya aparece la persona más el entorno, tanto tecnológico como cultural y social. Para el trabajo colectivo existen todas las opciones de los llamados modelos didácticos sociales que hacen referencia a las investigaciones grupales, los métodos cooperativos colectivos, etcétera.

Perkins denomina el proceso de construcción colectiva de conocimiento como "La inteligencia compartida", y más precisamente, "cognición compartida", que no es más que el reconocimiento de que pensamos, sentimos, recordamos, inventamos, siempre con el otro, con los otros, entre los otros, inmersos también en los espacios tecnológicos y en el mundo representacional propio de las culturas.

Entonces, las escrituras en pantalla de las que hemos hablado son justamente el nuevo entorno comunicativo tecnológico-cultural que puede propiciar la cognición compartida en los procesos educativos.

## Referencias

Chiappe, D. (2007). Tierra de extracción, disponible en [www.trama.org.ve/chiappe](http://www.trama.org.ve/chiappe). Recuperado en mayo de 2007.

Cubillos, G. (2003). "Investigación en pedagogía de las Ciencias Naturales", *Atanor*, No. 2, disponible en <http://www.gimnasiomoderno.edu.co/atanor>. Recuperado en abril de 2007.

Díaz, P., Catenazzi, N., Aedo, I. (1996). *De la multimedia a la hipermedia*, Madrid, RA-MA Editores.

Marín, L. F. (2007) Técnica y virtualidad. Pensar las nuevas tecnologías, disponible en: <http://www.filosofia.net/materiales/num/num18/Tecnivir.htm>. Recuperado en febrero de 2007.

Perkins, D. (2003). *La escuela inteligente*, Barcelona, Gedisa.

Piscitelli Alejandro. 2005. *Internet, la imprenta del siglo XXI*, Barcelona, Gedisa.

Rodríguez, A. (2007). El libro digital, disponible en: [http://www.edicionesdelsur.com/articulo\\_42.htm](http://www.edicionesdelsur.com/articulo_42.htm). Recuperado en marzo de 2007.

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

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

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



PBX: (+1)7 563 126

|química.....

# Laboratorio químico moderno: donde la química y la física se abrazan

**Jairo Peláez Rincón**

Químico Universidad Nacional de Colombia,  
Instituto Nacional de Medicina Legal  
y Ciencias Forenses  
jarapelab@yahoo.com

**E**s muy probable que la química como actividad humana haya nacido en medio del fuego y del agua, cuando el hombre, al amparo de un techo de estrellas, contemplaba asombrado cómo los rayos consumían la madera de los árboles y cómo ciertas rocas literalmente desaparecían ante sus ojos en el interior de aguas transparentes y poco profundas.

A base de prueba y error, y con todo el tiempo del mundo a su favor, lenta pero pacientemente el frágil ser humano empezó a comprender los misterios de la materia y los cambios a los que ésta se encuentra sujeta; entonces ocurrió lo inevitable: a golpes de metalurgia y caricias de cerámica nació la alquimia, con toda su batería de retortas y fogones, impulsada por el sueño de transmutar metales ordinarios en oro y de asegurar una existencia eterna a quien dominara el arte, dos motivaciones que indudablemente estamparon el indeleble sello humano al esotérico arte.

Precisamente, gracias a ese sello humano fue que la naciente pseudociencia ni siquiera consideró el escapar de la influencia de la artesanía. Pronto, los antiguos talleres de los alquimistas se fueron llenando de extraños y maravillosos recipientes metálicos y de vidrio, de formas caprichosas y sensuales, los cuales permitían la manipulación de diversas sustancias y la obtención de muchas nuevas. Indudablemente, éstos, ahora románticos, talleres fueron la cuna de la nueva disciplina: la química, y por supuesto, de los laboratorios de análisis químicos.

Muchas generaciones de químicos maduraron entre estantes llenos de innumerables y atractivos frascos que guardaban celosamente toda clase de sustancias exóticas, y eran sus compañeros inseparables hermosos matraces, balones de vidrio, picnómetros, buretas, mecheros e infinidad de instrumentos diseñados cuidadosamente para mantenerse al servicio de la reina del lugar: *la química*.

Pero afortunadamente la ventana del laboratorio dedicado a los cambios de la materia quedaba justo al frente a la del laboratorio de física, y entonces, de repente, una chispa, probablemente escapada del segundo, hizo que hubiese química entre ambos laboratoristas.

En poco tiempo el laboratorio de química empezó a llenarse de instrumentos salidos del de física. Con el desarrollo de la electricidad, el químico empezó a usar potenciometría (1) y descubrió que ésta no sólo le facilitaba determinar la concentración de algunas sustancias en solución sino que le permitía obtener niveles de exactitud y precisión nuevos. Sin ningún rubor, la química entonces empezó a adueñarse de otras técnicas que en justicia pertenecían al laboratorio del físico e hizo como suya incluso la determinación de algunas propiedades físicas de las sustancias: índice de refracción, color, conductividad térmica, conductividad eléctrica, densidad, etcétera.

Para la mitad del siglo xx, un laboratorio de química medianamente moderno era un sitio donde cohabitaban casi por igual la química y la física. Muchos de los tradicionales mecheros habían sido desplazados por modernas mantas de calentamiento y estufas. Espacios antes ocupados por balones de vidrio ahora lo eran por los primeros espectrofotómetros (2) desarrollados comercialmente. Algunas determinaciones que hasta entonces sólo eran posibles a nivel macro ahora se podían efectuar a nivel micro, gracias a la incorporación de técnicas de microscopía. La identificación de sustancias desconocidas, que otrora se hacía mediante tediosas marchas analíticas, en las que muchas veces era preciso someter las muestras a largas y complicadas maniobras de preparación y luego a la acción de uno y otro reactivo, observando detenidamente la evolución de las reacciones ocurridas, fue desplazada por rápidas determinaciones espectroscópicas, donde un simple haz de radiación visible, ultravioleta o infrarrojo rápidamente arrojaba mayor información que la obtenida mediante el uso de la química húmeda.

Hoy en día, mucho más que antes, un buen analista químico debe estar a la vanguardia de los desarrollos tecnológicos que le ofrecen la física y sus ciencias hermanas. Hace 20 años, por ejemplo, la determinación de una sustancia por espectroscopia infrarroja se realizaba empleando sencillos espectrofotómetros dispersivos, sistemas donde un haz infrarrojo era descompuesto mediante una rejilla de

**Sin ningún rubor la química entonces empezó a adueñarse de otras técnicas que en justicia pertenecían al laboratorio del físico.**



difracción en sus diferentes componentes de longitud de onda, y cada uno de ellos era dirigido individualmente sobre la muestra, para luego incidir sobre un detector al que entregaba generosamente la información obtenida de ésta. Si este procedimiento se comparaba con los métodos químicos tradicionales, la ganancia era enorme, indiscutible; en unos pocos minutos se obtenía un espectro que permitía al químico dilucidar parte de la estructura molecular de su muestra. Parecía que se estaba en el tope de las posibilidades; sin embargo, esto estaba lejos de ser cierto. Los físicos e ingenieros electrónicos apenas iniciaban un largo camino de descubrimiento de posibilidades nuevas para el químico. De los tiempos en que el hombre jubiló definitivamente al concepto de éter había quedado un juguete que parecía no tener mayor aplicación práctica, el interferómetro de Michelson-Morley (3). Era hora de encontrarle un uso práctico, y entonces a alguien se le ocurrió que éste no era más que un generador de señales de Fourier (4) y que como tal era posible que ocupara en los espectrofotómetros infrarrojos el lugar del elemento difusor, con lo cual era posible la obtención "instantánea" de la misma información generada antes en dos o más minutos. La ventaja era evidente; en muy poco tiempo la muestra podía ser leída con mayor eficiencia por el equipo, no una sino cientos de veces, lo que se traducía en una mayor confianza en el resultado. El único problema que se tenía era la dificultad en el tratamiento matemático de los datos, pero nuevamente la física, ayudada por las matemáticas, con su desarrollo de algoritmos rápidos de Fourier, aportó la solución: el computador y un software especializado. Así, se pasó de la microscopía infrarroja por difusión a la de transformadas de Fourier, que en los textos es referida comúnmente como FTIR. Junto con el nuevo término FTIR, el químico que hacía uso de la espectroscopia infrarroja empezó a familiarizarse con otros, como Reflexión Total Atenuada (ATR) y Reflectancia Difusa (DRIFT), que no son más que métodos prácticos de tomar espectros a diferentes tipos de muestras. Hoy en día, en tan sólo el campo del análisis infrarrojo, el químico tiene a su disposición técnicas de microscopía, fotoacústica, espectroscopia de nanosegundos –que le permite seguir la evolución de reacciones tan rápidas como el encendido de un fósforo–, espectroscopia con polarización del haz infrarrojo, técnicas de mapeo de multicomponentes y espectroscopia Raman, la cual explota otros fenómenos que tienen origen en el seno de las moléculas y que fueron descubiertos en laboratorios de física.

La antigua cromatografía (5), que inicialmente se efectuaba en gruesas buretas de vidrio o en hojas de papel, pronto pasó al plano de poderosos sistemas neumáticos dotados de sofisticados detectores, cada uno dedicado a una diferente propiedad física de la materia: índice de refracción, tiempo de vuelo de fragmentos moleculares, tamaño molecular, conductividad eléctrica, etcétera.

La microscopía sencilla, que tímidamente entró al laboratorio químico, evolucionó a estereomicroscopía, microscopía de luz polarizada, microscopía de contraste de fase, microscopía de interferencia diferencial (DIC), microscopía de fluorescencia, videocomparadores espectrales, microscopía electrónica de barrido, y una gama que va en aumento.

La determinación de índices de refracción, que estaba supeditada casi exclusivamente a líquidos, se amplió a sólidos como minerales y fibras textiles, gracias al empleo de la microscopía de luz polarizada, y a vidrios, con los modernos sistemas GRIM (Glass Refractive Index Measurement), donde es posible la obtención de valores de índice de refracción con una precisión que va hasta una diezmilésima ( $10^{-4}$ ).

El campo de acción de los primeros espectrofotómetros de emisión atómica no tardó en verse enriquecido por el surgimiento de técnicas de plasma inducido



en forma acoplada (ICP), a las que muy rápidamente se les asociaron detectores de masas (ICP-MS) y sistemas de ablación láser (LA-ICP-MS), que permitieron el análisis de muestras sólidas, obviando todo el engorroso proceso de digestión y preparación. Detrás de esta última técnica se ha desarrollado la aún más novedosa espectroscopia por rompimiento inducido con láser (LIBS), que se parece en mucho a la anterior pero en la cual el análisis no se realiza llevando los átomos liberados al detector sino determinando *in situ* la radiación resultante del proceso, lo que permite tener un equipo mucho más compacto.

Al químico moderno no le basta con saber a fondo su química, sino que cada día debe explorar nuevos campos del plano de la física e incluso de las matemáticas, ese otro motor del desarrollo humano al que se le ha castrado la posibilidad de un reconocimiento Nobel. Si no quiere ser un simple usuario de microscopios y espectrofotómetros, el químico debe adentrarse en el campo de la interferometría (para sacar el mayor provecho a su espectrofotómetro FTIR o microscopios de luz polarizada y DIC), la óptica, la electricidad, las ondas e, incluso, de la física cuántica.

Con el advenimiento de materiales nuevos desarrollados en laboratorios especializados, el analista del mañana tendrá que enfrentarse a sustancias producto de la nanotecnología, donde una correcta caracterización demandará no sólo la identificación de la composición química de cada uno de los componentes que intervienen en él, sino también, el orden espacial en el que se encuentran dispuestos y la interrelación entre cada uno de ellos.

Las tendencias modernas del desarrollo tecnológico han retirado muchas de las paredes que antaño separaban a los laboratorios de química y de física. Los analistas de ambos lados ahora se mueven con mayor familiaridad y confianza en el terreno que antes les era ajeno. Su cooperación mutua les permite en la actualidad enfrentar mayores retos analíticos, con niveles de exactitud y precisión nunca antes soñados y en tiempos cada vez menores, lo que les da tiempo de recordar alrededor de una deliciosa taza de café épocas idas y coincidir en que muy probablemente la química como actividad humana haya nacido en medio del fuego y del agua, cuando el hombre, al amparo de un techo de estrellas, contemplaba asombrado cómo los rayos consumían la madera de los árboles y cómo ciertas rocas literalmente desaparecían ante sus ojos en el interior de aguas transparentes y poco profundas.

## Pequeño diccionario de términos

**Potenciometría:** Técnica de análisis de concentración de sustancias mediante la medición de algunas de sus propiedades eléctricas.

**Espectrofotómetro:** Aparato que tiene la capacidad de medir la respuesta de un material a un haz de radiación que incide sobre él.

**interferómetro de Michelson-Morley:** Aparato empleado en el famoso experimento en el que se demostró la no existencia del éter.

**Señales de Fourier:** Señal (que puede ser lumínica, sonora, eléctrica, etc.) resultante de la interacción entre varias señales básicas.

**Cromatografía:** Técnica de separación de componentes de una mezcla.

|química

# El efecto Loto:

inspiración para la nanotecnología

**Edgar González**

Director Centro de Ciencia y Tecnología Nanoescalar "nanoCiTec"

Grupo de Nanociencia, Universidad Javeriana

Grupo de Modelamiento y Manufactura Nanoescalar, Universidad Santo Tomás

[edgar.gonzalez@nanocitec.org](mailto:edgar.gonzalez@nanocitec.org)

## Introducción

La nanociencia y la nanotecnología se perfilan en la actualidad como unas de las áreas de conocimiento de mayor impacto en la transformación de la sociedad que transita los comienzos del siglo XXI. Se espera concretar a corto y mediano plazo importantes cambios en la relación del saber formal y experimental con la materia y la energía a nivel de la escala nanométrica. Se avanza exitosamente en la manufactura de materiales y dispositivos nanoestructurados con novedosas propiedades y alentadoras proyecciones de su función como asociados al desarrollo de estrategias conducentes a contribuir con la solución de los principales problemas comprometidos con salud, medio ambiente y energía.

El número creciente de publicaciones, programas de formación, centros de investigación y producción industrial, así como los montos presupuestales cada vez más significativos aprobados dentro del marco de planeación estratégica de un gran número de países del mundo, dan cuenta del importante papel que está cumpliendo la revolución nanoescalar en la construcción de una sociedad del conocimiento dramáticamente afectada por los resultados derivados de la exploración y manipulación del interior de la materia.

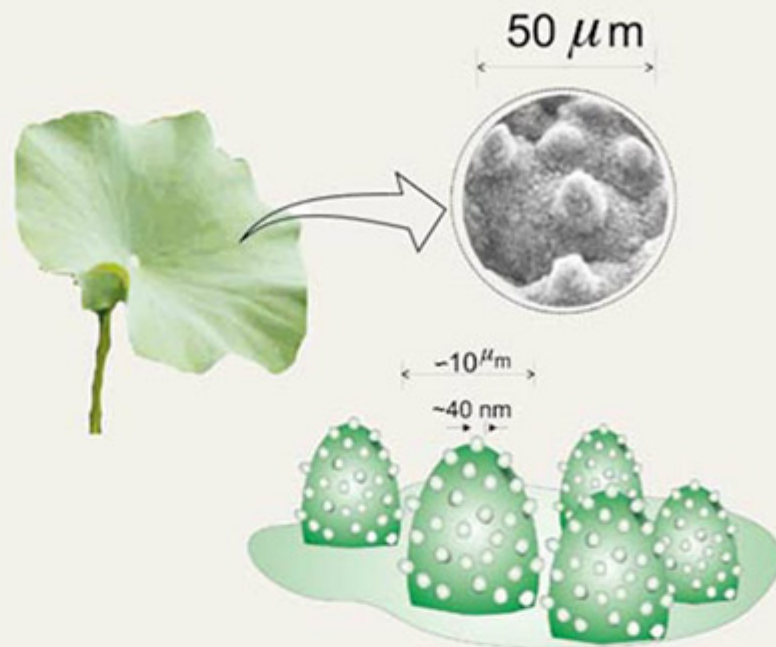
*Nano* hace referencia a una escala del orden de  $10^{-9}$  m, próxima a las dimensiones de los átomos y moléculas, entidades encargadas de la "construcción" de los objetos materiales que pueblan todo lo conocido. La nanociencia y la nanotecnología orientan sus esfuerzos hacia la comprensión de los procesos que tienen lugar a esta escala, así como la manipulación y control necesarios para posibilitar procesos de manufactura. Ya que bajo estas dimensiones se produce el autoensamblado de estructuras biológicas complejas, la reproducción, la autorreparación, la adaptación y, en la cumbre de la manifestación de la complejidad de la naturaleza: la emergencia, no hay lugar a dudas que es la materia viva la fuente de metáfora de mayor riqueza que posibilitará llevar a la nanociencia y la nanotecnología a una fase madura de imitación e integración a una naturaleza biológica que *es nanotecnología que trabaja*.

Nano hace referencia a una escala del orden de  $10^{-9}$  m, próxima a las dimensiones de los átomos y moléculas.

## El efecto loto

Un importante reto que afronta el desarrollo de la ciencia y la tecnología nanoescalar es hacer posible la manufactura de materiales programados en sus propiedades físicas y químicas para cumplir tareas de autorreparación y autolimpieza. Son materiales similares a los que existen en el mundo natural, específicamente, en ciertas hojas y flores de plantas, alas de insectos y aves, dotadas de superficies micro y nanoestructuradas capaces de producir una baja fricción y adherencia al agua, partículas de polvo o suciedad, hecho que favorece la limpieza y protección contra la suciedad y agentes patógenos.

Figura 1.



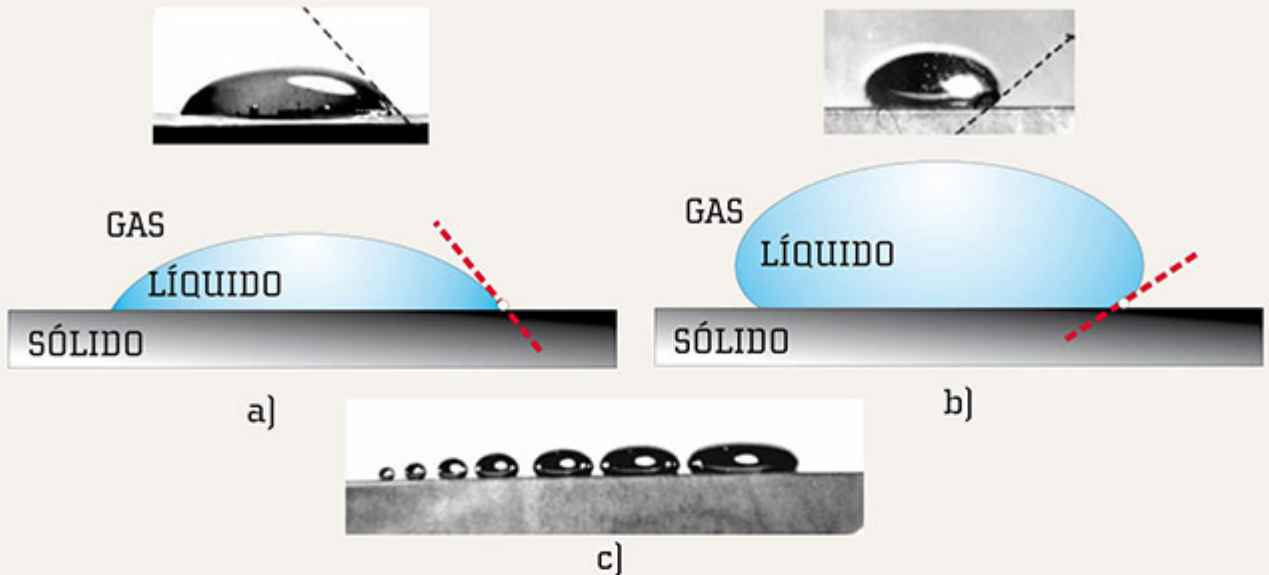
Estructura de la superficie de una hoja de loto. Se observa una superficie conformada por una serie de "montículos" microscópicos sobre los cuales aparecen estructuras nanoscópicas [estructura binaria]. Esta topografía es una de las causas del comportamiento superhidrofóbico y de autolimpiado.

La flor de loto (*Nelumbo nucifera*) es muy conocida por su peculiar capacidad de autolimpieza, aspecto que se refleja en la facilidad con la cual el agua rueda sobre la superficie llevándose consigo partículas de polvo o suciedad. Resulta de gran importancia e interés científico y tecnológico determinar las causas que producen este tipo de comportamiento superhidrofóbico, punto de partida para el desarrollo de nuevos productos con propiedades facilitadoras de la autolimpieza y protección contra determinado tipo de sustancias.

El profesor W. Barthlott, botánico de la Universidad de Bonn investigó las causas que producen la existencia de la superhidrofobicidad en la planta de loto, que, a pesar de prosperar en un ambiente acuático, posee la cualidad de impedir que el agua se fije a la superficie de sus hojas o flores. Con el uso de un microscopio de barrido electrónico examinó cuidadosamente la superficie de la hoja de loto (Figura 1), la cual encontró conformada por estructuras microscópicas comprometidas con las causas de la baja fricción y adherencia del agua. El descubrimiento del profesor Barthlott, que lo condujo a formular y patentar el denominado *efecto loto*, abrió el camino por el que ha transitado hasta ahora una gran parte de las aplicaciones industriales dentro del área de los recubrimientos y superficies nanoestructuradas, aspecto que se destaca en el número y variedad de productos de consumo que han empezado a aparecer en el mercado con el rótulo de *efecto loto*.

Cuando una gota de agua se deposita sobre la superficie de un cuerpo sólido, la forma que la gota adquiere va a depender de la fuerza de la gravedad, las fuerzas de interacción entre las moléculas que forman el agua y las fuerzas de interacción entre las moléculas del líquido con los átomos o moléculas del sólido en contacto con el líquido. Estas dos últimas fuerzas van a determinar el grado de adherencia del líquido sobre el sólido, propiedad que se califica en términos de la capacidad de mojado del líquido respecto al sólido (Figura 2). Cuando el líquido moja por completo, se forma una delgada capa sobre la superficie del sólido. Si el líquido no moja al sólido, en ausencia de gravedad se forma una gota esférica.

Figura 2.



a) Se ilustra el caso de una gota de líquido que moja a la superficie. b) La gota de líquido no moja a la superficie. c) A medida que la masa de la gota disminuye, y en consecuencia la acción de la gravedad, la forma que adopta el líquido se hace cada vez más esférica, como lo ilustra la fotografía.

Otro parámetro importante comprometido con el comportamiento de autolimpieza que se está analizando, es el referente a la facilidad con la cual un líquido rueda sobre una superficie inclinada en presencia de la gravedad –aspecto que se encuentra relacionado con la “fricción” entre el líquido y el sólido–. La composición química y la estructura topográfica de la superficie se reconocen como las principales causas para la existencia de una baja adherencia y fricción. De acuerdo con Barthlott, la presencia de papilas microscópicas con pequeños cristales de cera reducen el valor de la energía superficial y, como consecuencia, producen una baja adhesión. Además, la estructura papilar microscópica permite que el aire atrapado en los intersticios favorezca las condiciones de superhidrofobicidad (Figura 3).

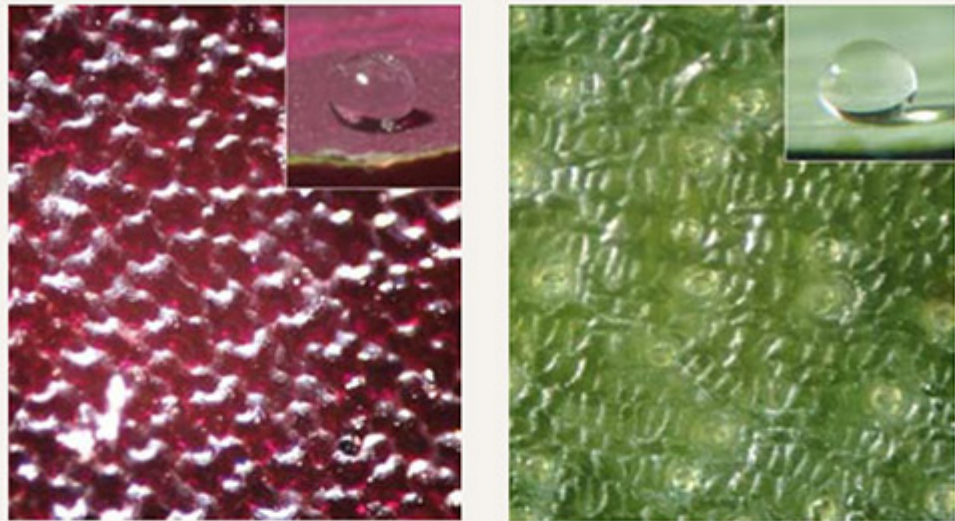
Somos el nuevo operador postal  
oficial de Colombia.

**SERVICIOS POSTALES NACIONALES S.A.**  
**CORREOS DE COLOMBIA**

Consulte nuestro portafolio  
de servicios de correo y  
mensajería especializada

018000 111 210  
Línea Gratuita Nacional  
Bogotá: 4199299

Figura 3.

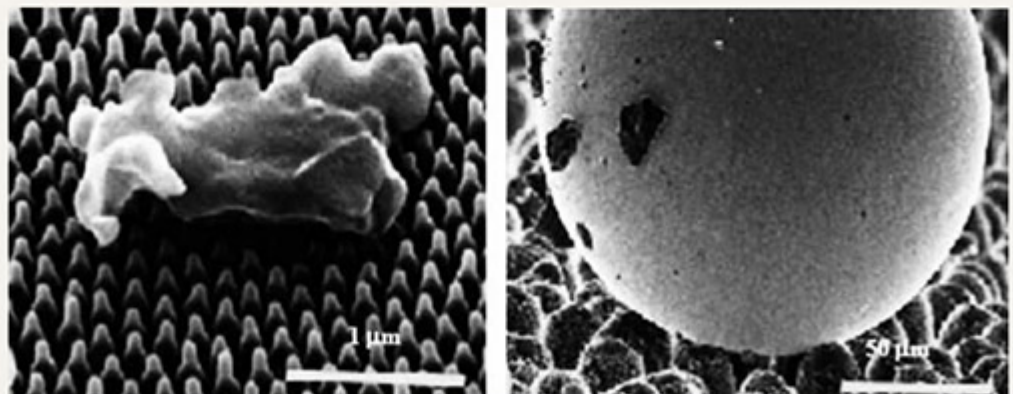


Superficies superhidrofóbicas en hojas de plantas con una muy baja adherencia del agua que sirven de modelo para la fabricación de superficies autolimpiables. Se muestra la fotografía de una pequeña gota de agua de forma esférica, indicativo de la capacidad de la superficie para evitar el mojado [fotografías de E. González].

## Materiales autolimpiables

Generalmente los contaminantes que entran en contacto con la superficie superhidrófoba resultan de mayor tamaño que las estructuras microscópicas localizadas sobre dicha superficie, lo que produce una escasa área de contacto, con una interacción interfacial mínima entre el contaminante y la superficie correspondiente. Ya que para el agua no existe adherencia, ésta rueda fácilmente y, al pasar sobre la partícula contaminante, ésta se adhiere al agua permitiendo que sea transportada por la gota, tal como se ilustra en las figuras 4 y 5.

Figura 4.



a) Partícula de contaminante sobre una superficie de *Cicada Orni*. Debido a la diferencia de tamaño entre la partícula y los micropilares, el área de contacto interfacial resulta mínima, lo que permite que la partícula sea retirada con facilidad. b) La fotografía indica partículas de contaminante adheridas a una gota que rueda por la superficie. Tomado de Barthlott y Neinhuis [1997]

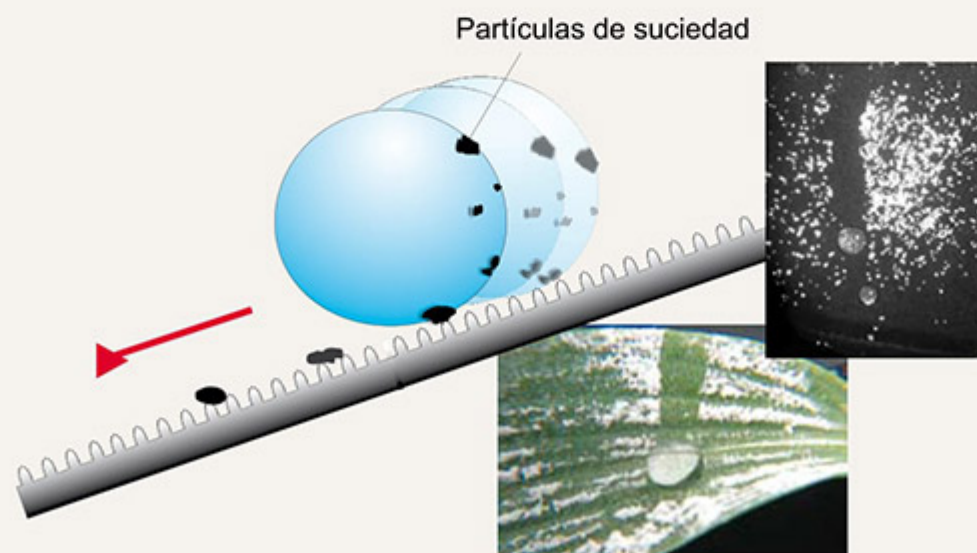
En las hojas superhidrófobas de plantas se identifica un tipo de morfología diferente de la estructura binaria micro-nano de la hoja de loto. Se trata de la denominada estructura unitaria, en la cual se destaca la presencia de microfibras de 1 a 2 millonésimas de metro de diámetro, encargadas de evitar la adherencia del agua depositada sobre ellas.

En la preparación de superficies con efecto loto se han desarrollado numerosos métodos que imitan estructuras naturales, y van desde el uso de patrones de litografía hasta el alineamiento vertical de nanotubos de carbono o nanofibras o autoensamblado de nanopartículas. En nuestro laboratorio trabajamos con manufactura de superficies superhidrofóbicas a partir de crecimiento vertical de nanofilamentos de carbono, con buenos resultados (Figura 6). Por esta vía se desarrollan diferentes técnicas para la fabricación de superficies sintéticas con propiedades de autolimpieza orientadas hacia el ramo de la industria y la salud.

La producción de materiales transparentes a la luz visible con propiedades de autolimpieza resulta problemática si se utiliza como fuente de imitación la distribución topográfica de las hojas de plantas superhidrófobas, esto debido a que la irregularidad superficial aporta focos dispersores de luz. A pesar de estas limitaciones, ya se ha reportado la fabricación de películas delgadas superhidrofóbicas y autolimpiables, totalmente transparentes, aunque degradables en el tiempo, aspecto que la hoja de loto logra superar con funciones metabólicas. Los procesos que permiten que sistemas biológicos mantengan su funcionalidad de autolimpieza durante largos períodos son aún muy difíciles de imitar para superficies sintéticas, sin embargo, corresponde a la nanociencia y la nanotecnología asumir el reto de investigar y desarrollar soluciones que posibiliten la fabricación de este tipo materiales con las sorprendentes propiedades del mundo natural.

La flor de loto es muy conocida por su capacidad de autolimpieza debida a la facilidad con la cual el agua rueda sobre la superficie.

Figura 5.



Se ilustra el proceso de limpieza de una superficie estructurada por la que rueda una gota de agua. Las fotografías muestran el autolimpieza en una hoja hidrófoba y en un textil manufacturado con efecto loto [fotografías de E. González].

Figura 6.

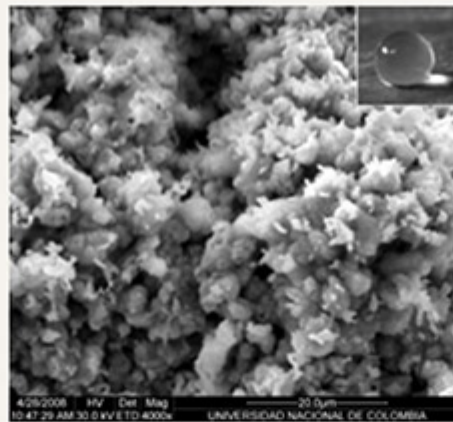


Figura 6. Fotografía de microscopía electrónica de barrido de una superficie superhidrófoba manufacturada con cúmulos de nanofilamentos de carbono [© nanoCiTec].

## Efecto pétalo

A diferencia del efecto loto, cuando no existe una elevada adherencia del agua a la superficie, como en el caso de los pétalos de rosa, se identifica un comportamiento al que se le ha denominado el *efecto pétalo*, el cual es producido por superficies binarias micro-nano estructuradas con una alta adherencia del agua pero sin mojado.

El efecto pétalo, recientemente reportado por el grupo de L. Feng de la Universidad de Pekín, fue motivado por el estudio de la superficie de los pétalos de la flor de rosa, en la cual se identificó con análisis de microscopía electrónica de barrido una estructura conformada por arreglos periódicos de “montículos” de diámetro promedio de 16 millonésimas de metro y altura de 7 millonésimas de metro, sobre los cuales se registraron “plegamientos” nanoescalares de 730 nanómetros de ancho, encargados del comportamiento hidrófobo y adherente. Hemos observado, sin embargo, que no todas las superficies de pétalos de rosa presentan efecto pétalo, ya que para variedades como la que aparece en la figura 7 b) se hace manifiesta una escasa adherencia característica del efecto loto.

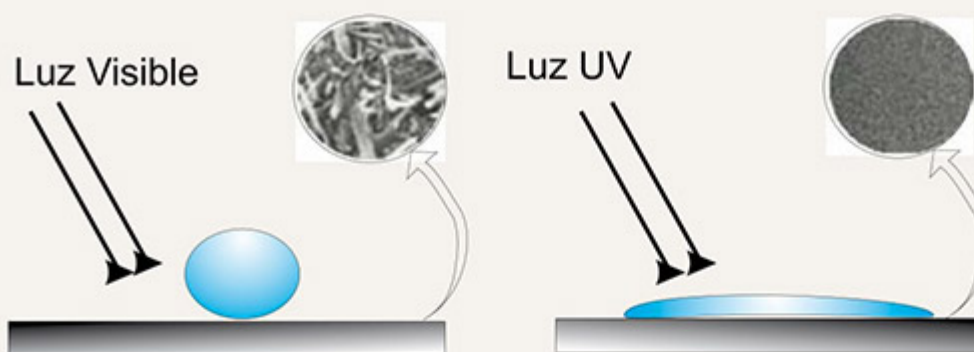
El grupo de Feng ha logrado fabricar películas de polímero biomimético duplicando la estructura de la superficie del pétalo en una plantilla por copia directa y nanoimpresión del patrón morfológico. Estas estrategias de manufactura prometen importantes aplicaciones en el sector académico e industrial como facilitadores para el desarrollo de una importante variedad de materiales nanoestructurados con capacidad superhidrófoba y antiadherente, con el sello de la bioinspiración de un pétalo de rosa.

Figura 7.



a) Se ilustra el *efecto pétalo*, para el cual existe hidrofobicidad y una elevada adherencia. En la fotografía se observa la estructura microscópica del pétalo adherente y la capacidad de retener gotas de agua suspendidas sin desprendimiento por la acción de la gravedad. b) Se muestra una variedad de flor de rosa con una superficie del pétalo superhidrófoba pero con capacidad de adherencia del agua [fotografías de E. González]

Figura 8.



En materiales de efecto lotoprogramables, con la presencia de luz visible, la superficie se hace morfológicamente apta para evitar mojado, mientras que con luz ultravioleta se programa para ser mojada.

## Materiales programables

Un aspecto sobresaliente en el desarrollo de las nuevas tecnologías de superficies nanoestructuradas es la posibilidad de cambiar sus propiedades de mojado, en función de algún tipo de señal externa, como luz, calor o potencial eléctrico. Esta tecnología de *materiales programables* promete una gran revolución en el área de la medición, monitoreo, control y actuación. Ciertos tipos de compuestos (por ejemplo, azobenceno y sus derivados) experimentan cambios en la capacidad de mojado al ser bañados con luz visible y ultravioleta, respectivamente (Figura 8), aspecto que puede ser aprovechado para diseñar recubrimientos capaces de programar su capacidad de autolimpieza o adhesión, en función de un estímulo externo como la luz.

## Algunas aplicaciones

Entre las aplicaciones del efecto loto se destacan las pinturas ecológicas y revestimientos con capacidad de autolimpieza, como las que ofrece la compañía Lotusan, que permiten, además de una extrema resistencia a la humedad del agua, protección contra la suciedad. Si llueve, la pintura queda completamente limpia. *Percenta AG* ofrece revestimientos con efecto loto para plásticos, vitrocerámica, barcos, cristales de automóviles, textiles, cuero, maderas, protección antigraffiti. En el sector de los textiles, ya se cuenta con telas con hilos nanoestructurados con nanopartículas que no se mojan ni ensucian, y paraguas que permanecen secos. Ya el mercado ofrece espumas nanotecnológicas multiuso antigérmicas, con protección para diferentes tipos de superficies que reducen en un 70% el uso de productos de limpieza, lo que, con la disminución del uso de surfactantes, favorece el ideal del cuidado y preservación del medio ambiente.

## Referencias

Akira, N. *et al.* (2000), Transparent superhydrophobic thin films with self-cleaning properties, *Langmuir* 16:7044-7047.

Barthlott, W.; Neinhuis, C. (1997), The purity of sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces, *Planta*:1-8.

Gleiche, M.; Hoffschulz, H.; Lenhert, S. (2006), Nanotechnology in Consumer Products. *Nanoforum Report*.

González, E. (2007), Nanomateriales bioinspirados. *Preprint*.

Feng, L. *et al.* (2008), Petal effect: a superhydrophobic state high adhesive force, *Langmuir* 24: 4114-4119.



# Ver para conocer... Conocer para preservar

## Foto Gallo de Roca Andino

[*Rupicola peruvianus*] Carlos Mario Wagner Wagner/Asociación Río Cali

**I**mportante emblema de los Andes Tropicales, el Gallo de Roca Andino (*Rupicola peruvianus*) aun despliega su mágico colorido entre los bosques nublados

en la cuenca alta del río Pichindé en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali.

La comunidad local con el acompañamiento de la Asociación Río Cali y la

Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia trabajan en conjunto para la preservación de una de las aves más espectaculares de los bosques nublados de América Tropical.

# Novedades editoriales



## La biotecnología, motor de desarrollo para la Colombia de 2015

Por Myriam de Peño, Ph.D.

Coautora, Coordinadora del estudio  
Bacterióloga y Máster en microbiología de la  
Universidad Javeriana.

Ph. D. en Fisiología Vegetal de la Universidad  
de Purdue, Estados Unidos

Consultora en el diseño, gestión y evaluación  
de proyectos de I&D en biotecnología.

Profesora de cátedra de la Maestría en Dise-  
ño y Gestión de Procesos de la Facultad de  
Ingeniería de la Universidad de la Sabana.

El pasado 23 de mayo se realizó en Colciencias el lanzamiento oficial del libro *La biotecnología, motor de desarrollo para la Colombia de 2015*. En este libro se presentan los resultados de un ejercicio de direccionamiento estratégico que, durante más de dos años, convocó a cientos de actores comprometidos con el desarrollo de la biotecnología en Colombia.

Este proyecto surgió de la necesidad de realizar una actualización y

revisión del Plan Estratégico del Programa Nacional de Biotecnología, dados los grandes cambios que, desde su formulación, estaban ocurriendo en el contexto nacional e internacional. El objetivo era definir los nuevos lineamientos y prioridades de investigación para el futuro desarrollo de la biotecnología en Colombia. Con este trabajo se buscaba reunir a los distintos actores del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, con el fin de realizar una amplia consulta sobre los factores críticos que podían incidir en el futuro desarrollo de la biotecnología en el país.

El objetivo fundamental era “generar un sistema dinámico, flexible y participativo que, a partir del uso integrado de diferentes herramientas de gestión y del manejo de información endógena y exógena, permitiera la formulación de estrategias claras e identificara las acciones que deberían seguirse para definir el futuro a corto, mediano y largo plazo, de la biotecnología en Colombia”.

De esta manera, se buscaba que el estudio arrojara información sistemática para delinear proyectos estratégicos, tanto desde el punto de vista productivo como científico, acordes con las necesidades y requerimientos presentes y futuros de la sociedad. Así mismo, se pretendía articular las diferentes iniciativas y estudios que se habían venido realizando en el país desde el año 2000, de modo que contribuyeran con nuevos elementos a la formulación de una política de Estado que garantizara el desarrollo de la biotecnología como un verdadero factor de competitividad, tanto en el ámbito nacional como internacional.

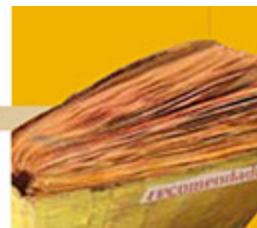
Para la ejecución del ejercicio, Colciencias realizó un convenio con la

Corporación CorpoGen, que, con dos consultores y el Grupo BioGestión de la Universidad Nacional, se constituyó en el *grupo ancla*. Este grupo, en coordinación con el Programa Nacional de Biotecnología, se responsabilizó de la organización de los talleres y de la compilación y análisis de toda la información generada en los distintos componentes del ejercicio.

Para realizar este estudio de una manera sistemática y estructurada, fue necesario integrar diferentes herramientas de gestión, más específicamente, la prospectiva y la vigilancia tecnológica, y un *benchmarking* de políticas de otros países. Así mismo, se realizó un análisis de una serie de documentos clave sobre el contexto nacional de la biotecnología y sobre la biotecnología en el contexto mundial.

El libro está dividido en tres partes. En la primera, se presenta el estado del arte de la biotecnología en Colombia y el mundo; comprende una compilación y un análisis de diferentes documentos y fuentes de información esenciales, para tener un marco de referencia sobre la biotecnología en el contexto mundial y nacional. Éstos incluyen documentos y páginas oficiales, publicaciones de estudios previos, tanto nacionales como internacionales, e información de internet, entre otros.

En la segunda parte, se presentan y discuten los resultados del *benchmarking* de políticas públicas, en el que se establecen puntos de comparación entre los documentos de política en biotecnología de diferentes países, para determinar los aspectos principales de cada uno y conocer los procesos que se siguieron para la elaboración y consolidación de sus políticas, como base para definir posibles estrategias



que podrían implementarse en Colombia. En el estudio de políticas también se retoman los documentos generados en el país en los últimos años sobre lineamientos estratégicos en biotecnología. Así mismo, se discuten los resultados del ejercicio de prospectiva, cuyo componente central lo constituyó la realización de una encuesta Delphi, en la que, de un total de 574 personas invitadas a participar, 204 respondieron la encuesta (el 35,5%). En este grupo se incluyen 32 extranjeros y colombianos residentes en el exterior. El Delphi en línea sirvió como instrumento de consulta, en el que se logró obtener la opinión de los expertos sobre los factores clave que afectan el desarrollo de la biotecnología en el país, y para que se evaluaran y priorizaran las tecnologías, los focos de investigación y los bienes y servicios que se deberían desarrollar en los próximos años.

Los resultados del componente de vigilancia tecnológica, como una metodología sistemática de captura y análisis de la información de las bases de datos de patentes y de publicaciones, se presentan en mapas y gráficas que muestran las tendencias predominantes y la situación de las principales tecnologías que operan en el mundo en lo referente a la biotecnología; además, a través de los llamados *mapas tecnológicos*, se identifican áreas emergentes y decadentes en diferentes sectores de aplicación de la biotecnología, así como sus actores principales.

Un componente fundamental del estudio lo constituyó la permanente consulta a expertos y a otros actores, tanto del sector público como privado, que con sus diferentes aportes contribuyeron a la validación de los resultados obtenidos en los distintos componentes del estudio y proporcionaron una valiosa información para la definición de estrategias.

A partir del análisis de los resultados de cada uno de los componentes

y de los diferentes talleres realizados con expertos, en la tercera parte se presenta una propuesta de prioridades para los distintos sectores y se discuten los componentes estructurales, las estrategias y las acciones para el direccionamiento de la biotecnología en Colombia.

Uno de los principales aportes de esta publicación, en la que se presentan los resultados del estudio, es que son el fruto de un proceso participativo, de consulta y discusión interinstitucional con diversos actores de la biotecnología; del decidido apoyo y compromiso de los miembros de la comunidad científica y de diferentes instituciones del Estado; de numerosos expertos que aportaron sus conocimientos, sus críticas y sugerencias para enriquecerlo, y del posterior trabajo de un grupo multidisciplinario comprometido en el análisis y la consolidación de los resultados de los diversos componentes, para la construcción de una propuesta de prioridades y estrategias para el desarrollo de la biotecnología en Colombia.

Es de esperar que las conclusiones y propuestas que se presentan en este libro respondan al propósito principal que dio origen al estudio: contribuir, con información sistemática, pertinente y actualizada, a la definición de prioridades en las políticas públicas y privadas y a la formulación de estrategias y acciones que promuevan la construcción de una capacidad nacional de investigación en biotecnología e impulsen su desarrollo y aplicación, como un verdadero factor para la competitividad nacional.

## ¿Crimen pasional, o feminicidio?

Por Myriam Jimeno

Profesora Titular, Centro de Estudios Sociales CES, Universidad Nacional de Colombia

Comentario al texto de Elizabeth Castillo, *Feminicidio en Colombia. Estudio de caso en cinco ciudades del país*, Bogotá: Profamilia, 2008, 82 pp.

Feminicidio es el término que eligió Elizabeth Castillo para su estudio sobre “la realidad de la muerte de mujeres en Colombia”. Pese a que ella afirma que no pretende oponerlo al término homicidio, que es el usual para referirse a la muerte de una persona causada por otra, el término denota a las claras su intención: se trata de evitar que las muertes violentas de mujeres sean tratadas como si fueran “casos aislados de violencia y no como un problema social” para enfrentar. Ésa es la tesis sobre la que se construye este trabajo. Castillo sostiene que al analizar los medios de comunicación, la acción institucional y los relatos personales, se revela, aún hoy, una tendencia hacia la invisibilización de la violencia de género. Subsiste, dice, una legitimación cultural de la violencia contra la mujer.

Castillo explora siete periódicos a lo largo del año 2004, cuatro de ellos cubren las principales ciudades del país y tres son regionales. El material de estudio fueron 595 noticias. Pese a que el material merece un análisis de mayor profundidad, muestra que cerca del 90% de las noticias sobre muerte a





# XVII Convención CIENTÍFICA NACIONAL

## TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA

DEL 24 AL 26  
DE SEPTIEMBRE

COLOMBIA  
NEIVA-HUILA 2008

### TEMAS

- \* POLÍTICAS QUE FACILITAN LA TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO
- \* LA EDUCACIÓN PARA LA PRODUCTIVIDAD
- \* TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA

### INFORMES

315 0728 | 315 5900  
221 9953 | 221 4631  
convencion@acac.org.co  
acup@acac.org.co  
mercadeo@acac.org.co  
Calle 44 N° 45 - 67  
Edificio Camilo Torres  
Bloque C, Módulo 3 Bogotá

 ASOCIACIÓN COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA



mujeres se limita a un registro “judicial” del hecho: el resultado es que los crímenes carecen de un contexto adecuado y aparecen como sueltos, como hechos aislados. En pocos casos los periodistas consultan otra fuente además de la oficial (sólo lo hicieron en el 7% de las noticias del lapso de estudio); es raro que acudan a expertos y se ignoren las organizaciones especializadas. El lenguaje empleado y la forma de presentación de la noticia evidencian el sistema cultural de referencia de los periodistas: esto es especialmente crudo en la crónica “amarilla”, que suele banalizar y aun ridiculizar el acto de muerte con titulares y fotos escabrosas; la atención se dirige al cuerpo de la mujer, con énfasis particular en su belleza y en detalles que le quitan dignidad en la muerte.

En su mayoría, las muertes que se registraron en el año 2004 se atribuyeron a la llamada delincuencia común (35%); pero cuando se trató de la muerte por violencia doméstica o cuando existía una relación sentimental con el agresor, de inmediato el crimen es imputado al mundo “pasional”. Este marco cultural de referencia atribuye el suceso a los celos, descritos como si fuesen una fuerza devastadora que es explicación suficiente de lo ocurrido. Es típico de este tratamiento el titular que Castillo extrae de *El País* de Cali: “Al parecer cegado por los celos...” da muerte a su mujer. Tal como encontré cuando realicé el trabajo sobre el mal llamado “crimen pasional” en Brasil y Colombia (*Crimen pasional. Contribución a una antropología de las emociones*, 2004), resulta muy llamativo que los celos mortales, con frecuencia acompañados del alcohol, acometan ante todo a los hombres.

Como para confirmar lo dicho, el día sábado 9 de febrero pasado (pp. 1-4), el diario *El Tiempo*, en la parte inferior de la página, justo debajo de la noticia sobre el “Nuevo amo del narcotráfico”, titula: “Van 10 muertos por celos en un mes”. ¿Muertos? Dice la Redacción

de Justicia, autora de la nota, que fueron 10 las muertas a manos de sus esposos, ex esposos o novios; 8 en Bogotá y dos en Manizales. También nos cuenta que durante el año 2007 ocurrieron 58 “crímenes pasionales”, en los que 51 de las víctimas fueron mujeres. Para esta nota sí consultaron un experto, un psiquiatra, quien afirma que todo se debe a un “apego extremo y dependencia de la pareja, sin entender que ella tiene otros intereses”. Habría que preguntarse por la razón por la cual este apego mortal y estos “celos” destructivos, se concentran de manera tan acentuada en el sexo masculino. Pero esto no es objeto de reflexión alguna. Justamente, es lo que silencian las notas periodísticas y la su-

## Al analizar los medios de comunicación, la acción institucional y los relatos personales se revela una tendencia a invisibilizar la violencia género.

plantan con la pretensión de experticia psicológica sobre los casos.

Lo que callan los periodistas, y que el texto de Elizabeth Castillo me permite reiterar, es que detrás de las patologías individuales se esconde un esquema cultural ampliamente compartido por “sanos” y “enfermos”, y del cual todos se nutren. Según este esquema, la mujer es apropiada por el hombre en su relación de pareja. Los resortes culturales principales de esa construcción cultural son tres: la romantización del amor de pareja, según lo cual quien no tiene pareja no vale nada y la una “pertenece” al otro; el segundo es la pretensión de que la violencia surge de forma repentina y es ejecutada por “locos”; y el tercero es la psicologización de la conducta humana, que supone a la persona como escindida en compartimentos

separados, uno de sentimiento, otro de pensamiento y razón. Por esto comparo con Elizabeth Castillo la idea de que enunciar el crimen como “pasional” es un dispositivo cultural que oculta que el extremo criminal hace parte de una cadena cotidiana de agresiones y malos tratos dados a las mujeres en su propia casa. No es, pues, fruto de un repentino ataque emocional.

Esto se muestra en los cerca de 57.000 casos de violencia doméstica denunciados ante Medicina Legal en el año 2006. También, en los relatos personales que recoge Elizabeth, que sería deseable ver más aprovechados, pues se constata que el crimen es un desenlace de una cadena previa de

agresiones, por lo general repetidas durante muchos años. Ellas “aguantan” y esperan por miedo, en nombre de los hijos y por falta de apoyo. Durante esa larga espera puede ocurrir, en 9 de cada 10 casos, que el hombre mate a la mujer. El soporte institucional es todavía insuficiente, engorroso y débil, pues no ofrece amparo ni seguimiento adecuado a la mujer agredida. Así se ve en el relato que trae Castillo de una mujer, quien después de muchos años denunció a su marido. Dijo ante la Comisaría de Familia que “ya no quiere vivir más con él” y que soportó innumerables agresiones porque no podía sostener a sus hijos. La Comisaría entonces buscó una conciliación con la pareja, lo que provocó una severa golpiza, y cuando se gestionaba una medida de protección, la mujer fue muerta por su marido. Me pregunto, ¿crimen pasional, o feminicidio?

# sitios web

## [www.oei.es/ BIBLIOTECADIGITAL.HTM](http://www.oei.es/BIBLIOTECADIGITAL.HTM)

La Biblioteca Digital de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) es un servicio de Información y Documentación especializado en educación, ciencia, tecnología, sociedad e innovación (CTS+i), y cultura en Iberoamérica. Integra todos los servicios de búsqueda y recuperación de información bibliográfica en soporte papel y en formato electrónico. Aquí se pueden bajar artículos completos; ofrece un índice amplio de revistas latinoameri-



canas, recursos pedagógicos, programación de eventos y otra serie de materiales de información y divulgación.

## [www.clacso.org/](http://www.clacso.org/) [www.clacso.org/ espanol/ HTML/BIBLIOTECA/ FBIBLIOTECA.HTML](http://www.clacso.org/espanol/HTML/BIBLIOTECA/FBIBLIOTECA.HTML)

CLACSO, la red de bibliotecas virtuales, ofrece bases de datos, textos completos, búsqueda de revistas académicas, ponencias a congresos, tesis, libros y otro tipo de documentos de Ciencias Sociales en América Latina y el Caribe. En enlaces ofrece más de 100.000 textos completos, videos y radio en línea y multimedia de los centros de recursos de los países miembros.



## [DELITOSINFORMATICOS. GOV.CO](http://delitosinformaticos.gov.co)

La enorme ampliación del uso de internet para la comunicación personal y social ha determinado también que sea un espacio propicio para una serie de nuevos delitos, los llamados delitos informáticos. Esta página de la Policía Nacional ofrece información y recomendaciones a las personas, familias, centros educativos y empresas para prevenir estos delitos y ofrece la asesoría en caso de ser víctima de ellos.



## [www.computerhuesca. es/~fvalles/](http://www.computerhuesca.es/~fvalles/)

Un poco de... QUÍMICA es una página orientada a estudiantes y profesores de educación media. Una de sus características importantes es que se trata de una página colaborativa. En ella se invita a compartir experimentos, dibujos, experiencias, videos y todo tipo de materiales didácticos para la enseñanza de la Química.



## [www.red-mat.unam. mx/red-mat/](http://www.red-mat.unam.mx/red-mat/)

FORO-RED-MAT es una revista electrónica de la Universidad Nacional Autónoma de México que publica artículos de investigación de profundidad intermedia, pues, con la invitación a enviar trabajos y las indicaciones de formato y edición, aclara que el arbitraje es moderado. La revista publica artículos de estudiantes, profesores e investigadores.





# Innovación y Ciencia

## TEMAS

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

## LENGUAJE

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

## EXTENSIÓN

Máximo 10 páginas tamaño carta en letra Arial 12, a doble espacio (excluyendo ilustraciones y cuadros).

## FORMATO

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

## MATERIAL GRÁFICO

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

- Fotografías originales en papel fotográfico o diapositivas.
- Fotografías en versión digital de alta resolución (300 DPI) en formato .tif, .jpg o .eps.
- Esquemas gráficos explicativos (versión impresa o digital).
- Tablas o recuadros sin demasiadas columnas.
- El material fotográfico no debe ser tomado de libros, revistas ni internet y debe indicarse su autoría o fuente, si es necesario.
- Del material recibido se seleccionará el de mayor calidad para su publicación y una vez editada la revista el material será devuelto

## REFERENCIAS

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

### 1. Artículo de revista científica:

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

### 2. Artículo de libro:

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

## RESUMEN

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

## IDENTIFICACIÓN DEL AUTOR

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

## RECOMENDACIONES

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

ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA EL AVANCE  
DE LA CIENCIA —ACAC—

Calle 44 N° 45-67 Unidad Camilo Torres  
Bloque C, Módulo 3. Bogotá, D.C., Colombia  
Teléfonos: 3155898 - 3150734 Fax: 2216950  
innovacionyciencia@acac.org.co

# Innovación y Ciencia

“Un *paso adelante* en  
ciencia y tecnología.”

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



## Cupón de suscripción

FECHA DE SUSCRIPCIÓN

DÍA	MES	AÑO

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

NOMBRE

Suscripción por un año,  
4 ejemplares,  
a partir del número

DIRECCIÓN

TELÉFONO

FAX

CC 9 MIT

CIUDAD

CORREO ELECTRÓNICO

PROFESIÓN

ESPECIALIDAD

### FORMA DE PAGO

Efectivo  Tarjeta de crédito #  Acepto renovación automática SI  NO

Diners  Visa  MasterCard  American Express

Vence  Cuotas  Números de Seguridad

Cheque  Cheque #  Banco

Consignación a nombre de **<Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia>** en:  
Banco de Occidente, cuenta de ahorros No. 26880746-5. Banco Agrario, cuenta de ahorros No. 0230-002930-5.  
Banco Popular, cuenta de ahorros No. 160-203195.

Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax: **2216950** o por correo a la sede ACAC en Bogotá.  
Calle 44 No. 45-67 Unidad Camilo Torres. Bloque C. Módulo 3. Bogotá - Colombia

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

FIRMA

15 años

Tarifa postal reducida 2008-194



Colombia \$12.000