

# Saber más



Revista de Divulgación de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Año 2 / Marzo - Abril 2013 / No. 8

## Lo que debes saber del café

Morelia, Michoacán. México - U.M.S.N.H. 2013



- La discriminación por motivos religiosos en México
- De zombies, aliens y otros terrores: los parasitoides
- Selección sexual en alacranes: las maneras romántica y sádica de obtener pareja
- Lo súper de las supercuerdas



latindex

## Contenido



4

**La discriminación por motivos religiosos en México**



Portada

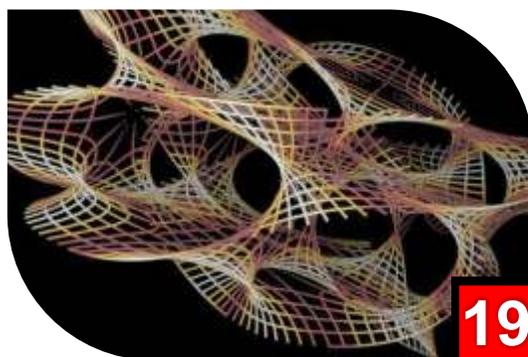
10

## Lo que debes saber del café



6

**De zombies, aliens y otros terrores: los parasitoides**



19

**Lo súper de las supercuerdas**



15

**Selección sexual en alacranes: las maneras romántica y sádica de obtener pareja**

## Secciones

24 ENTREVISTA

28 ENTÉRATE

31 TECNOLOGÍA

UNA PROBADA DE CIENCIA 33

LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS 35

EXPERIMENTA 37



Universidad Michoacana  
de San Nicolás de Hidalgo

#### Rector

Dr. Salvador Jara Guerrero

#### Secretario General

Dr. Egberto Bedolla Becerril

#### Secretario Administrativo

M. en D. Carlos Salvador Rodríguez Camarena

#### Secretario Académico

Dr. José Gerardo Tinoco Ruiz

#### Secretaria Auxiliar

Dra. Rosa María de la Torre Torres

#### Director de la revista Saber más

Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas

Coordinador de la Investigación Científica

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán, México.

#### Editor

Dr. Horacio Cano Camacho

Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán, México.

#### Comité Editorial

Dra. Catherine Rose Ettinger McEnulty

Facultad de Arquitectura

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán, México.

Dr. Rafael Salgado Garciglia

Instituto de Investigaciones Químico Biológicas

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán, México.

Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez

Instituto de Física y Matemáticas

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán, México.

Dra. Vanessa González Covarrubias

Departamento de Metabolómica

Universidad de Leiden, Leiden, Holanda.

#### Asistente de Edición

L.C.C. Roberto Carlos Martínez Trujillo

C.P. Hugo César Guzmán Rivera

Fernando Covián Mendoza

#### Corrector

Oliver Ledezma

#### Diseño

L.C.C. Roberto Carlos Martínez Trujillo

C.P. Hugo César Guzmán Rivera

#### Administrador de Sitio Web

C.P. Hugo César Guzmán Rivera

**DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS**, año 2, No. 8, marzo - abril 2013, es una Publicación bimestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, [www.sabermas.umich.mx](http://www.sabermas.umich.mx), [sabermasumich@gmail.com](mailto:sabermasumich@gmail.com). Editor: Dr. Horacio Cano Camacho. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-041513553300-102, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Informática de la Coordinación de la Investigación Científica, C.P. Hugo César Guzmán Rivera, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, fecha de última modificación, 14 de Mayo de 2013.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Esta revista puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica. De otra forma requiere permiso previo por escrito de la institución y autor.

**E**n esta edición número 8 de "Saber más" presentamos cinco interesantes artículos de divulgación en diversas áreas del conocimiento, además de nuestras habituales secciones.

En un primer artículo tratamos la discriminación que aún existe en México hacia personas o grupos por sus creencias religiosas, así como de la necesidad de que todos respetemos las diferencias religiosas y fomentemos la tolerancia hacia las mismas para lograr una convivencia pacífica y armoniosa en nuestra sociedad.

En el segundo artículo se trata el tema de los insectos parasitoides que se albergan en otros organismos vivos y se alimentan a través de ellos. Si bien los parasitoides ponen en riesgo la vida de sus hospederos, estos últimos, a su vez, cuentan con un sistema inmunitario que le provee de armas para matar a su enemigo. Es así como esta carrera evolutiva armamentista se mantiene en pro de la supervivencia de todos los seres vivos.

En el tercer artículo se refiere al café, que además de su exquisito aroma y de su delicioso sabor, puede tener efectos benéficos hacia la salud humana, siempre y cuando su consumo se haga con moderación.

En el cuarto artículo se abordan las conductas reproductivas descubiertas recientemente de los alacranes, que, además de enigmáticas, se podrían etiquetar con calificativos extremos como "románticas" y "sádicas".

En el quinto artículo abordamos el tema de la naturaleza de las partículas subatómicas, el cual, a pesar de ser una de las preguntas fundamentales que la humanidad se ha planteado desde hace milenios, constituye aun un misterio que podría ser resuelto mediante la *teoría de las supercuerdas*.

Incluimos también una interesante entrevista al Dr. Horacio Cano Camacho, quien fue distinguido con el Premio Estatal de Ciencia Tecnología e Innovación 2012 en reconocimiento a su labor como divulgador de la ciencia desde hace más de tres lustros.

Como es costumbre, incluimos también la sección *Entérate* que trata sobre noticias de ciencia y tecnología, la sección de Tecnología que en esta ocasión trata sobre el fascinante tema de los nuevos cristales, de la sección *Una probada de ciencia*, la sección de La ciencia en pocas palabras y, por último, la sección *Experimenta* que describe cómo a través de experimentos sencillos podemos entender mejor algunas áreas de la ciencia.

Finalmente, agradecemos todo el trabajo y dedicación de la Dra. Catherine Rose Ettinger, quien en los números anteriores fungió como Editora, y damos la bienvenida al Dr. Horacio Cano Camacho, quien desde este número ocupa el cargo de Editor de "Saber más".

# La discriminación por motivos religiosos en México

María Teresa Vizcaíno López

Imagen: horadeverdad.blogspot.com

**E**n México hay personas o grupos que son víctimas de discriminación, cotidianamente sufren desprecio por alguna de sus características físicas o su forma de vida. El origen étnico o nacional, el sexo, la edad, la discapacidad, la condición social o económica, la condición de salud, el embarazo, la lengua, la religión, las opiniones, las preferencias sexuales, el estado civil y otras diferencias pueden ser motivo de distinción, exclusión o restricción de derechos.

La respuesta de los legisladores mexicanos ante la diversidad ha sido la protección de grupos desfavorecidos a través de un marco regulador que garantice la igualdad y el ejercicio de las libertades públicas, además de prohibir la discriminación. Paralelamente, se han suscrito y ratificado diversos documentos internacionales que contemplan de manera expresa el respeto por los derechos y las libertades vinculadas, entre otros, a no recibir un trato discriminatorio; precisamente, la Declaración Universal de Derechos Humanos, la Declaración Americana de los Derechos y Deberes del Hombre, la Convención Americana sobre Derechos Humanos y el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos son algunos de estos documentos.

En 2001, con la adición del párrafo tercero (párrafo quinto, con la reforma de junio de 2011) al artículo 1° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se reconoció el principio de no discriminación y con la reforma al artículo 2° constitucional, se estableció la redefinición

constitucional de México como una nación pluricultural; además es importante destacar que a partir de noviembre de 2012, la República Mexicana es calificada como laica (art. 40 constitucional).

A pesar de lo dispuesto por el ordenamiento, en México se presentan situaciones de exclusión social —entre otras causas— debido a la intolerancia religiosa; recuérdese que el 89.3% de la población mexicana practica la religión católica, mientras que el 10.7% pertenece a otras religiones y sólo un 4.9% de la población no practica ninguna religión.<sup>1</sup>

Las opciones religiosas muestran diversificación en la geografía nacional. En algunas regiones del país, el catolicismo se ha debilitado como preferencia dominante frente a las opciones de las iglesias cristianas no católicas y debido a las concepciones “que se autodefinen sin religión”; según los datos estadísticos, “Más de la mitad de los municipios (61%) donde el catolicismo ha dejado de ser minoría se localiza en el estado de Chiapas, 24% en Oaxaca y 9% en Veracruz; el resto se distribuye proporcionalmente en Puebla, Campeche y Chihuahua”.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vid. Censo de Población y Vivienda 2010 (en línea). Portal del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (citado 17 marzo 2011). Disponible en internet: <<http://www.inegi.org.mx>>

<sup>2</sup> TORRE, R. de la y GUTIÉRREZ ZÚÑIGA, C. (coords.) “Capítulo 2. Territorios de la diversidad religiosa hoy”. Atlas de la diversidad religiosa en México. México, CIESAS/El Colegio de Jalisco/El Colegio de la Frontera Norte/Universidad de Quintana Roo/Secretaría de Gobernación-Subsecretaría de Población, Migración y Asuntos Religiosos/CONACYT, 2007, p. 124.



# CREER DIFERENTE NO ES UN PROBLEMA



**EL PROBLEMA ES SER TRATADO DIFERENTE**  
*no más discriminación*

Aunque se vive en un escenario de creciente diversidad religiosa, la discriminación religiosa es un problema social que afecta la pacífica convivencia entre los ciudadanos, tanto en las ciudades como en las comunidades rurales, principalmente indígenas.

Según la Encuesta Nacional sobre Discriminación en México realizada en 2005, el 80.4% de los encuestados consideró que hay discriminación hacia las minorías religiosas y el 21.4% se declararon víctimas de la discriminación debido a sus creencias religiosas.<sup>3</sup>

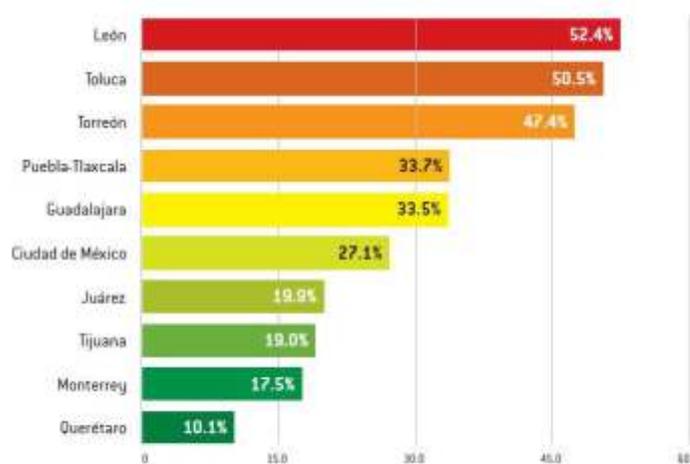
En 2008, 32 casos de discriminación a minorías religiosas correspondientes al sexenio del presidente Felipe Calderón estaban contabilizados por la Secretaría de Gobernación; 87 documentados por distintas instancias evangélicas en las que se argumentaban expulsiones, quema y destrucción de casas y templos, extorsiones, corte de servicios de agua potable y electricidad, marginación de los programas sociales y de apoyo contra la pobreza, amenazas, encarcelamientos, secuestros, homicidios, impedimento para usar los panteones municipales y la negación del servicio educativo a menores, entre otras violaciones, que —en su mayoría— quedaban impunes.

También la Comisión Nacional de Derechos Humanos manifestó la existencia de evidencias de intolerancia religiosa, cuyas manifestaciones más violentas se presentaron fundamentalmente en los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero.

La Oficina del Alto Comisionado de los Derechos Humanos de la ONU, en su diagnóstico a México, dio cuenta en un apartado especial sobre intolerancia, discriminación y libertad de conciencia de la gravedad de las violaciones a los derechos fundamentales que adquirirían "dimensiones preocupantes" en Chiapas, Oaxaca y Guerrero, además de presentarse en los estados de Michoacán, Hidalgo, Veracruz, Guanajuato y México.<sup>4</sup>

Según los resultados arrojados por la Encuesta Nacional sobre Discriminación en México efectuada en 2010, las ciudades con mayor desigualdad hacia las minorías religiosas son las que aparecen en la siguiente gráfica.<sup>5</sup>

Rechazo, falta de aceptación y desigualdad para las minorías.  
Distribución por zona metropolitana.



Las ciudades donde más se percibe el rechazo, la falta de aceptación, la discriminación y la desigualdad como principal problema para las minorías religiosas son León, Toluca y Torreón.

Para erradicar los efectos de la discriminación en la vida de las personas, es nuestro deber respetar las diferencias y fomentar la tolerancia, ya que éstas son claves determinantes para garantizar los derechos fundamentales y fortalecer las instituciones democráticas en México.

<sup>3</sup> Vid. Primera Encuesta Nacional sobre la Discriminación en México. México, Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación-Secretaría de Desarrollo Social, 2005, pp. 121-122.

<sup>4</sup> ROMÁN, A. J. "La intolerancia religiosa no sólo se extiende; también mata". La Jornada en línea, México, 16 de junio de 2008 (en línea). Portal de la Jornada (citado 17 octubre 2011). Disponible en internet:

<<http://www.jornada.unam.mx/2008/06/16/index.php?section=politica&article=013n1pol>>

<sup>5</sup> Encuesta Nacional sobre la Discriminación en México. ENADIS 2010. Resultados generales. México, Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación, 2010, p. 65.

Dra. María Teresa Vizcaíno López, Profesora-investigadora en la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la UMSNH; integrante del Centro de Investigaciones Jurídicas y Sociales de la Facultad antes referida

# De zombies, aliens y otros Terroros:

## los parasitoides



Gloria Ruiz Guzmán, Jorge Canales y  
Jorge Contreras Garduño

Imagen de [www.mattcolephotography.co.uk](http://www.mattcolephotography.co.uk)

**E**n la naturaleza, los organismos luchan por sobrevivir aún a costa de la vida de otros. Por ejemplo, los leones del Serengueti cazan ñus, cebras y casi todo animal que se pone en su camino. Parece cruel, pero la importante habilidad de matar, antecede a una acción tan emotiva como lo es la provisión de alimento de una madre a sus pequeños. Así, el arte de matar, asegura el éxito de los hijos porque entre más cazan los padres, más comida hay para sus crías. En los insectos parasitoides, el arte de matar toma un matiz diferente porque no consiste en la muerte instantánea de la presa, sino que la mantienen con vida para que sus crías la devoren lentamente, asegurando así, alimento fresco durante todo su desarrollo. Por ejemplo, algunas avispas inyectan sus huevos en las orugas, y en lugar de convertirse en mariposa, sirven de alimento a las nuevas generaciones de avispas.

### ¿QUÉ SON LOS PARASITOIDES?

Los parasitoides son insectos que se alimentan de un organismo vivo al que se le denomina hospedero. Dentro del grupo de parasitoides se encuentran algunos Himenópteros (avispa),

Dípteros (moscas), Coleópteros (escarabajos) y Lepidópteros (mariposas). Las especies de hospederos son muy variadas y comprenden insectos, arañas e incluso, pueden atacar a parasitoides de otras especies (a esto se le denomina hiperparasitismo). Las hembras de parasitoides depositan sus huevos dentro (endoparasitoides) o fuera (ectoparasitoides) del hospedero según sea el caso, y dependiendo de la especie de parasitoide, inyectan sus huevos ya sea en los huevos, larvas, pupas o adultos de los hospederos. Una vez que las larvas del parasitoide eclosionan del huevo se alimentan solamente de los órganos blandos, con el fin de no comprometer las funciones vitales de su hospedero, asegurando así la disponibilidad de alimento vivo. La muerte provocada por el consumo de los órganos vitales se programa para el momento en que el parasitoide inicia la siguiente fase: la formación de la pupa. La pupa consiste en una cápsula, dentro de la cual se da la transformación de una larva a un organismo con alas: el adulto. Los adultos abandonan a su hospedero y después de la maduración sexual y la cópula, las hembras tendrán que ubicar un hospedero para depositar sus huevos, reiniciando así su ciclo biológico.



Imagen de [www.100fact.ru](http://www.100fact.ru)

La avispa paraliza a la oruga y la usa para depositar sus huevos.

## LAS MADRES COMO PROTECTORAS Y GUÍAS DE PEQUEÑOS ASESINOS

Mientras que las madres de los depredadores les enseñan técnicas de cacería a los cachorros, guiándolos con presas pequeñas para que se adiestren en el arte de matar, las madres de los parasitoides protegen a sus larvas manipulando fisiológicamente al hospedero o proporcionándoles armas biológicas para que su ataque sea eficaz.

## MANIPULACIÓN FISIOLÓGICA DEL HOSPEDERO

La manipulación fisiológica se da mediante la inyección de veneno a través de la picadura de los parasitoides, y esto lo hacen con una exactitud quirúrgica ya que el éxito del veneno depende de la zona en la que es depositado (sistema nervioso central). Esta modificación afecta la conducta del hospedero para favorecer el desarrollo de los parasitoides. Las conductas comúnmente detectadas son: la zombificación, la inmovilización y la de guardaespaldas. Por ejemplo la avispa *Ampulex compressa* deposita el veneno en el cerebro de la cucaracha *Periplaneta americana*,



ocasionándole un periodo de zombificación, seguido de una inmovilización total. Durante la zombificación la avispa toma a la cucaracha de las antenas y la guía hasta el sitio previamente elegido para ocultarla y una vez inmóvil, los huevos son depositados dentro de la cucaracha para que las larvas completen su desarrollo. Por otra parte, se ha visto que las larvas de algunas avispas pupan fuera de su hospedero, y ya que son incapaces de defenderse se vuelven presa fácil de depredadores. Para evitar la muerte, los parasitoides convierten a sus hospederos guardaespaldas, pues cuidan a las larvas que salieron de sus entrañas para convertirse en pupas, y las defienden agresivamente para salvaguardar su vida, hasta llegar a adultas. Al parecer, este comportamiento se debe a que los virus o las moléculas que permanecen dentro del hospedero afectan su cerebro de tal forma que en lugar se comportarse agresivamente contra los parasitoides, los cuidan aunque esto les cueste la vida.



Imagen de [www.100fact.ru](http://www.100fact.ru)

La larva del parasitoide se alimenta y desarrolla en el cuerpo del hospedador.



Avispa parasitoide

## ARMAS BIOLÓGICAS

Las armas biológicas que una madre transmite a sus larvas les permite evadir el sistema inmunitario del hospedero. Por ejemplo, avispas de la familia *Braconidae* e *Ichneumonidae* que generalmente parasitan mariposas, depositan sus huevos en el interior de las orugas junto con virus, toxinas y otras proteínas que evitan que el sistema de defensa del hospedero se active contra ellos, permitiendo así su desarrollo dentro de la oruga. Por ejemplo, se ha demostrado que los virus son tan importantes, que si no fueran depositados junto con los huevos, éstos sufrirían una muerte inminente. Esta observación llevó a los biólogos a preguntarse ¿qué hacen los virus para favorecer el desarrollo de los parasitoides? Estudios recientes muestran que los virus juegan un papel pasivo y/o activo en el parasitismo. De manera pasiva, los huevos ocultan su identidad cubriendo su exterior con una capa de virus que los hace pasar por un tejido más del hospedero. De esta manera, cuando el hospedero percibe que algo extraño crece en su interior, ya es demasiado tarde y es devorado lentamente. Por otro lado, los virus no solamente juegan un papel

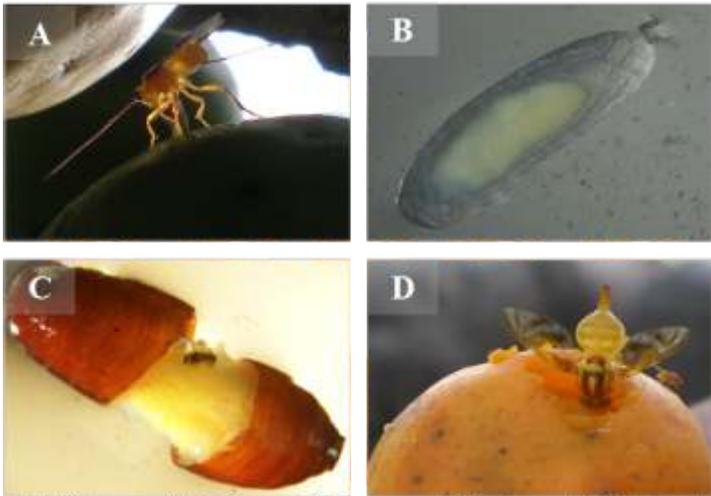
pasivo en la protección del huevo o la larva, ya que éstos, pueden enfrentarse directamente con el sistema inmunitario del hospedero. Un ejemplo, es el uso de señuelos que distraen a las moléculas tóxicas que podrían dañar a los parasitoides. Para esto, los virus generan moléculas que se conocen como partículas similares a virus (VLPs por sus siglas en inglés) porque de manera externa parecen virus nocivos, pero no albergan material genético en su interior, y para cuando el hospedero reconoce a los parasitoides y a los virus reales, ya es demasiado tarde y eventualmente, sucumbirá por el daño a sus tejidos. Otra forma de enfrentamiento directo, es el caso de la avispa *Microplitis demolitor* cuyos virus matan a las células que intentan acabar con sus huevos o larvas propiciando así un desarrollo exitoso dentro de la oruga *Pseudoplusia includens*.

Hasta aquí, hemos visto que las hembras de los parasitoides proveen a sus pequeños comida fresca, y aparentemente, los hospederos no tienen escapatoria. Sin embargo, los hospederos también buscan vivir y alimentar a sus crías, y se defienden de manera activa contra los parasitoides.



## LOS HOSPEDEROS MATAN PARA EVITAR SU MUERTE

Así como las presas de los grandes depredadores tienen estrategias de evasión y escape que les permiten sobrevivir en algunas ocasiones, los hospederos de parasitoides no son agentes pasivos ante el ataque. Por ejemplo, las orugas de



(A) Parasitoide buscando larvas que utilizará como hospederos dentro de la fruta. (B) Huevo de un parasitoide. (C) Pupa de una mosca de la fruta con una larva de parasitoide en su interior, la cual ha sido melanizada. (D) Mosca de fruta *Anastrepha obliqua* cuyas larvas se desarrollan dentro de una fruta (*Spondias mombin*). Las fotografías fueron tomadas por Gloria Ruiz y Jorge Canales.

la palomilla *Grammia incorrupta* ingieren plantas que contienen alcaloides pirrolizidínicos cuando son atacadas por moscas *Exorista mella*. Esta automedicación, favorece la eliminación de las larvas de la mosca, pero además, sugiere que los invertebrados, también ingieren medicamentos. Por otro lado, cuando no se tiene acceso a medicamentos, los insectos hospederos acaban con los parasitoides cubriéndolos de capas de

melanina al mismo tiempo que les segregan toxinas. De esta manera, los parasitoides quedan dañados por las toxinas y encerrados en una cápsula de melanina que los aísla del resto del cuerpo del hospedero hasta que finalmente mueren de asfixia e inanición. Estos ejemplos, ponen de manifiesto que tanto los hospederos como los parasitoides se ven envueltos en una lucha por su existencia y la de sus crías.

## ¿QUIÉN GANA LA BATALLA?

La lucha es a muerte y el que falle perecerá. Es complejo determinar quién es el vencedor ya que no todos los pequeños parasitoides llegarán a adultos y sólo una fracción de la población de hospederos es atacada. Si bien los parasitoides son magistrales asesinos, los hospederos cuentan con un sistema inmunitario que le provee de armas para matar a su enemigo. Es así como esta carrera evolutiva armamentista se mantiene en pro de la supervivencia y de los hijos.



Gloria Ruiz Guzmán Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, Morelos, el Dr. Jorge Contreras Garduño y Jorge Canales Lazcano del departamento de Biología de la Universidad de Guanajuato.

Portada



# Lo que debes saber del café

Elda Castro Mercado y  
Ernesto García Pineda

Lo que debes saber del café

**E**l consumo de café ha ido en aumento en nuestro país en los últimos años y es que el aroma y el sabor de una taza de buen café son motivos para no resistirse a disfrutar de esta deliciosa bebida. Su preferencia de consumo está por encima de los refrescos, las bebidas energizantes, leche, chocolate, té y agua. Aun así, el consumo por persona al año es bajo comparado con otros países, pues aunque los mexicanos consumimos en promedio 1.1 kilogramos de café al año, consumo que nos ubica en los últimos lugares a nivel mundial, en Finlandia, el mayor consumidor de café, se consumen aproximadamente 12 kilogramos por habitante al año, en Estados Unidos hasta 5.5 kilogramos y en Centroamérica 3.5 kilogramos.

## ¿Qué contiene el café?

El principal componente del café es un compuesto químico llamado cafeína y a él se le atribuyen los efectos que conocemos de esta bebida. La cafeína es un alcaloide blanco que también se encuentra en el té, en otros vegetales y en productos alimenticios como el chocolate y las bebidas refrescantes de cola. En su forma más pura son cristales de sabor amargo y pertenece a un conjunto de compuestos químicos llamados xantinas, compuestos estimulantes del sistema nervioso central.



## ¿La cafeína es adictiva?

La cafeína se considera la droga psicoactiva más ampliamente consumida en el mundo. Tiene el potencial de alterar el pensamiento, el comportamiento y los estados de ánimo de las personas. Cuando la consumimos, no se acumula en el organismo; se degrada en el hígado y se elimina por la orina entre 3 y 6 horas después de su consumo. No es adictiva, no produce síndrome de abstinencia como el tabaco u otras drogas, pero sí podemos acostumbrarnos a las reacciones que produce en nuestro organismo y sentirnos como adictos.



El consumo de la cafeína produce un aumento de la tolerancia, la cual se puede perder si la dejamos de consumir. Por lo que para conseguir los mismos efectos, cada vez tendremos que tomar más cafeína. Sin embargo, si consumimos cafeína en altas concentraciones provoca taquicardia, incremento en las palpitaciones, una subida rápida en la presión sanguínea y un pequeño decremento en el ritmo cardiaco.

Su contenido en los alimentos varía. Por ejemplo, en el café podemos encontrar una concentración de entre 40 a 180 mg por cada 150 mL, en el té de entre 24 y 50 mg por cada 150 mL, en el refresco de cola de entre 15 y 29 mg por cada 180 mL, y en el chocolate de 36 mg por cada 28 g.

## ¿Qué tanta cafeína consumimos?

Parece ser que independientemente de la fuente de donde se consuma, la cantidad que consumimos está en un valor estimado entre 70 o 76 mg por persona al día, pero puede alcanzar niveles

de entre 210 a 238 mg al día entre la población de Estados Unidos y Canadá, o más de 400 mg por persona al día en Suecia y Finlandia, donde del 80 al 100% de la cafeína proviene del consumo de café.

La absorción de la cafeína se realiza en el tracto gastrointestinal, es rápida y alcanza el 99% en humanos en aproximadamente 45 minutos después de la ingestión. Las propiedades de solubilidad en lípidos de la cafeína permiten que pase a través de todas las membranas biológicas. Una vez que la absorbemos, nuestro hígado la metaboliza y la transforma en otros compuestos químicos derivados de las xantinas, algunos de ellos tienen también una importante actividad farmacológica, por ejemplo, la teofilina relaja el músculo liso de los bronquios y se usa para el tratamiento del asma, y la paraxantina incrementa el metabolismo de los lípidos.



Lo que debes saber del café

## ¿Por qué nos quita el sueño?

Es bien conocido que la cafeína retrasa el sueño, pero este efecto puede ser variable. Se sugiere que existen diferencias entre las personas a la sensibilidad a la cafeína y que las personas más sensibles a sus efectos sobre el sueño podrían metabolizar más lentamente la cafeína. Pero un aspecto positivo de su consumo es que mejora el rendimiento en el trabajo durante las jornadas nocturnas sin comprometer severamente el sueño durante el día.

Como todos lo hemos experimentado alguna vez, la ausencia de sueño es una de las consecuencias más notables de consumir café, incluso si lo tomamos en cantidades pequeñas y este efecto se debe a que bloquea a un receptor celular de un compuesto químico llamado adenosina. Cuando el receptor se une a la adenosina se estimula el sueño. Los efectos de la adenosina pueden ser bloqueados o disminuidos en individuos que consuman grandes cantidades de estimulantes como la teofilina (presente en el té), la teobromina (en el chocolate) y la cafeína (en el café). De este modo los efectos estimulantes del café son debidos a su capacidad de inhibir la acción de la adenosina, al competir por los mismos receptores.





Finalmente, no obstante su amplio consumo, la intoxicación por el consumo de la cafeína ocurre raramente. La dosis letal de cafeína se estima que es de 10 g, lo cual corresponde aproximadamente a 100 tazas de café concentrado. Una sobredosis de cafeína puede provocar ansiedad e incrementar la presión arterial, lo que puede representar un riesgo para la salud de algunas personas. Más recientemente se ha expresado una preocupación acerca de la habilidad de la cafeína para incrementar el colesterol. Ahora se sabe que este incremento se debe a dos compuestos presentes en el café llamados cafestol y kahweol. Estos compuestos normalmente se eliminan cuando el café es preparado por filtración o en el café instantáneo, pero están presentes en el café hervido, en el expreso y en el moka, pero un consumo bajo de café contribuye poco a la generación de problemas cardiovasculares.

## Así que, y tú... ¿cuántas tazas de café tomas al día?

Para saber más:

<http://www.anacafemexico.com>  
 Viani R. 1996. Caffeine Consumption, in Proceedings of the Caffeine Workshop. Thai FDA and ILSI, Bangkok.  
 Barone JJ, Roberts HR. 1996. Caffeine consumption. Food Chem Toxicol. 34:119-129.  
 Fredholm BB, Battig K, Holmen J, Nehlig A, Zwartau EE. 1999. Actions of Caffeine in the Brain with Special Reference to Factors That Contribute to Its Widespread Use. Pharmacological Reviews. Vol. 51, No. 1.

Elda Castro Mercado, es Maestra en Ciencias en Biología Experimental. Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Ernesto García Pineda, es Doctor en Ciencias y Profesor Investigador Titular en el Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

# Selección sexual en alacranes: las maneras romántica y sádica de obtener pareja

Jorge Contreras Garduño y  
Alfredo Peretti

**D**esde tiempos inmemorables, los alacranes (escorpiones) han sido odiados o venerados. Estos formidables cazadores llaman la atención porque su veneno puede ser mortal. Sin embargo, los investigadores que trabajan en el tema de selección sexual, han descubierto conductas inimaginables que podrían ser etiquetadas desde un “romanticismo” hasta un “sadismo” en el marco del comportamiento reproductivo animal.

## UNA BREVE INTRODUCCIÓN A LA SELECCIÓN SEXUAL EN ANIMALES

Darwin explicó desde el punto de vista evolutivo por qué los organismos de reproducción sexual presentaban estructuras y conductas llamativas durante la temporada de apareamiento y mostró que los miembros de un sexo (usualmente los machos) utilizaban estructuras como armamento (espinas, cuernos y dientes) u ornamento (colores brillantes, cantos y danzas) para ganar la lucha por la obtención de parejas. Darwin distinguió dos tipos de selección sexual: la competencia por parejas (presente usualmente entre los machos) y la elección de pareja (que por lo regular la realizan las hembras). La primera por lo general se traduce en la elaboración de armamentos y la segunda de ornamentos.

Actualmente se sabe que la competencia masculina y la elección femenina no terminan con el apareamiento, sino que continúan mediante la competencia espermática (competencia entre el eyaculado de dos o más machos para fertilizar un set de óvulos) y la elección femenina críptica (elección del padre de los hijos dentro del tracto reproductivo femenino). Un ejemplo de las estrategias masculinas para garantizar la paternidad ocurre cuando un macho encuentra a una hembra que no es virgen, pues primero le remueve los espermatozoides del macho anterior con el que copuló y después introduce los propios. Estrategias como ésta ponen de manifiesto una elevada competencia entre los machos para dejar descendencia, y aunque podría pensarse que de este modo aseguran su paternidad, las hembras no son pasivas y se revelan de tal modo que un macho puede incluso, cuidar a un hijo que no es suyo. Por ejemplo, en algunos insectos la hembra no siempre permite que un macho remueva los espermatozoides de su pareja previa, y para esto, cierra la musculatura del interior de sus genitales para que el macho no introduzca completamente los suyos. Así, aunque él eyacule dentro de la hembra, lo hace fuera de los sitios concretos de fertilización. Entre los artrópodos, los alacranes (arácnidos vivíparos) también muestran patrones interesantes de competencia por parejas y posible elección femenina, los cuales expondremos a continuación.

## SELECCIÓN SEXUAL EN ALACRANES

Para comprender mejor el comportamiento sexual de los alacranes lo dividiremos en tres etapas: cortejo, transferencia espermática y postransferencia espermática. En cada sección describiremos primero el comportamiento masculino y posteriormente el femenino porque son ellos los que casi siempre inician el cortejo.

### Comportamiento sexual durante el cortejo

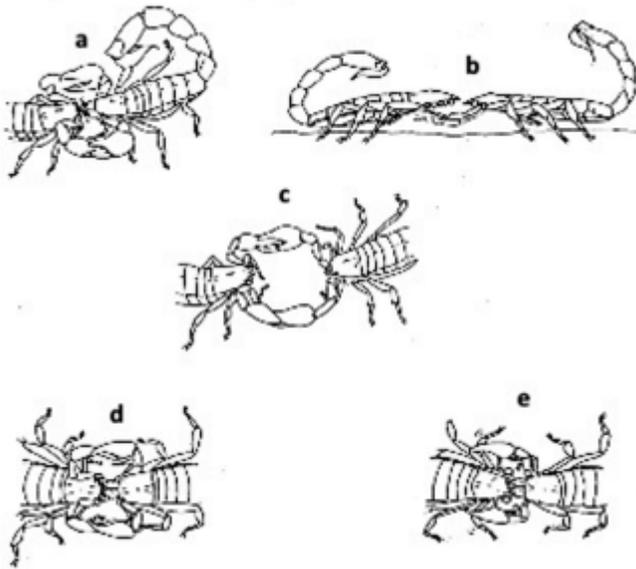


Figura 1. Cortejo copulatorio típico de alacranes. En la figura (a) el macho sujeta a la hembra con sus pinzas. La figura (b) ilustra como el macho frota con su segundo par de palas la parte frontal-anterior de la hembra. En la figura (c) se aprecia la toma de pinzas durante la danza nupcial. La figura (d) señala como el macho frota con sus pinzas y quelíceros las pinzas y quelíceros de la hembra. En la figura (e) se aprecia a la pareja caminando mientras se sujeta de los quelíceros.

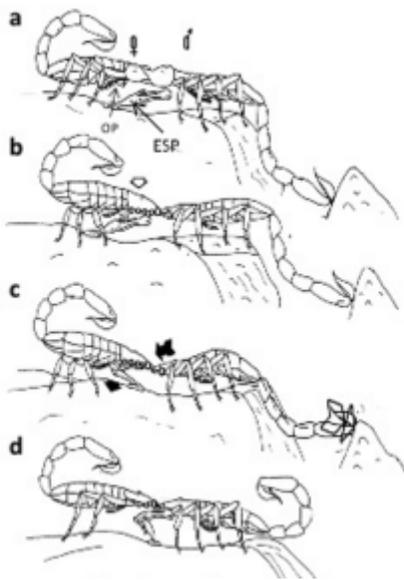
Los alacranes exhiben patrones conductuales complejos de cortejo y transferencia espermática. El macho ejecuta movimientos vibratorios del cuerpo y si la hembra es receptiva se acerca y en muchas especies él le frota el cuerpo con las pinzas de sus pedipalpos (segundo par de apéndices del cefalotórax). Sin embargo, si la hembra no es receptiva y lo agrade, él no persiste en tratar de sujetarla, pues podría ser devorado por una hembra hambrienta. Quizás, una forma en que los machos detectan a una hembra receptiva es cuando ella se queda inmóvil y acepta que el macho se acerque, o en algunas especies, la hembra también corteja al macho vibrando su cuerpo al mismo tiempo que se acerca a él solicitando aparearse. Posteriormente, el cortejo ya pleno se inicia cuando el macho sujeta de frente las pinzas o quelíceros de su compañera, y si ocurre la toma de pinzas, la pareja realiza una danza nupcial (la promenade á deux), en la que

ambos caminan tomados de las pinzas por algunos minutos o hasta varias horas (Figura 1). En algunas especies, los machos sujetan los pedipalpos de la hembra, y para que no escape del cortejo, poseen cavidades en sus pinzas en las que anclan las pinzas de ella. Al mismo tiempo que caminan juntos, los machos pueden dar ligeros masajes a las hembras en la parte ventral-anterior de su cuerpo con su segundo par de patas, y aunque esta conducta pudiera servir para estimularla sexualmente, no se sabe qué cambios fisiológicos se desencadenan en ella (Figura 1).

Algunas parejas, como en el caso del género *Diplocentrus*, no caminan tomadas de las pinzas, sino de los quelíceros (piezas bucales similares a las mandíbulas que sirven para sostener el alimento); así, es como si caminaran “sujetándose por la boca” (Figura 1). En el laboratorio hemos observado que antes de sujetarse, los machos abren y cierran sus quelíceros frente a las hembras y ellas les responden de la misma forma, pero hasta ahora, se desconoce cuál es la razón de este contacto oral.

Aunque la danza nupcial es la conducta más notable del comportamiento reproductivo de los alacranes, en algunas especies de los géneros *Megacormus* y *Urodacus*, los machos aparentemente pican a la hembra (picadura sexual o sexual sting) para que se mantenga quieta, y así ellos puedan orientarla durante la danza nupcial. Sin embargo, existe debate respecto a si efectivamente los machos las pican y les inoculan algún componente no letal del veneno o si solamente depositan su aguijón sin inyección de alguna sustancia.





**Figura 2.** Secuencia del uso de espermatóforo de *Bothriurus bonariensis* (a, b, c, d). La figura (a) muestra el espermatóforo (ESP) recién depositado en el suelo por parte del macho y la manera en que la hembra se acerque a éste. En la figura (b) la hembra se coloca justo arriba del espermatóforo con el opérculo (OP) abierto y baja un poco hasta tocarlo (Flecha blanca). En la figura (c) el macho ha colocado a la hembra sobre el espermatóforo y la empuja hacia atrás y hacia abajo (Flechas negras) para que el espermatóforo se doble y expulse los espermatozoides dentro del OP. la figura (d) señala el final de la transferencia espermática. En esta etapa la hembra se separa del espermatóforo y ya sido fecundada. En (a, b, y c) se puede apreciar como el macho apoya su metasoma en una roca cercana para empujar mejor a la hembra.

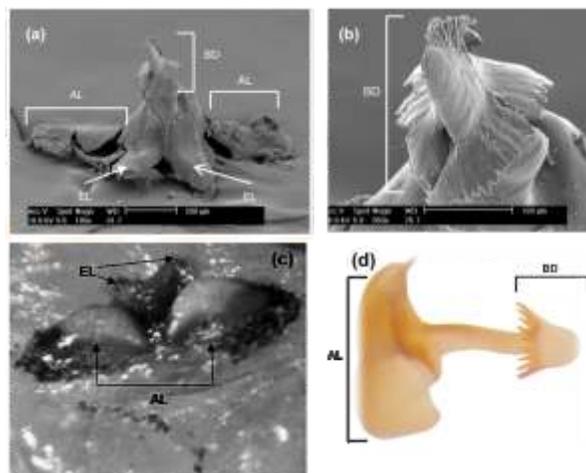
Independientemente de la razón por la que la hembra se quede quieta, una vez que ocurre, el macho deposita en el sustrato un espermatóforo, que es la estructura formada por los machos para contener y transferir los espermatozoides a la hembra durante la etapa culminante del apareamiento (Figura 2). El anclaje del espermatóforo en la abertura genital femenina no es una tarea fácil, pues si el macho no la coloca correctamente sobre el espermatóforo, los espermatozoides serán expulsados fuera de la hembra o lo harán en su interior pero sólo parcialmente. Aunque esto puede ocurrir por un error del macho, también se ha observado que la hembra puede moverse en el momento justo en el que es colocada sobre el espermatóforo, decidiendo de este modo si acepta o no los espermatozoides del macho.

### Comportamiento sexual durante la transferencia espermática

Una vez que la hembra se encuentra sobre el espermatóforo, los machos de algunas especies realizan un cortejo copulatorio masajeando o golpeándola ligeramente en la parte anterior ventral quizás para evitar que se interrumpa la transferencia espermática y para que la hembra use preferencialmente sus espermatozoides para

fecundar sus óvulos. Este es un campo poco explorado y muy prometedor para investigar.

En algunas especies, la intensidad de la competencia espermática ha dado lugar a la inserción de tapones genitales (formados de quitina o de alguna sustancia gelatinosa) en la hembra justo después de la transferencia espermática. De esta manera, el tapón podría obstruir la abertura genital de su compañera, a modo de “cinturón de castidad”. Sin embargo, no todos los tapones cumplen esta función, y se ha propuesto que la forma y consistencia de los tapones determinan su eficiencia. Por ejemplo, en *B. bonariensis*, dentro de las hembras inseminadas se han observado tapones amorfos de consistencia gelatinosa y provenientes de diferentes machos. Por el contrario, en *V. punctatus*, una hembra con tapón sólo se aparea una vez al año porque los tapones son bastante efectivos. Este tapón es muy duro, posee espinas que se anclan en el epitelio de la cámara genital de la hembra e incluso dos estructuras en forma de alas que al quedar por fuera de la hembra actúan como un tope que evita su remoción (Figura 3). De hecho, cuando intentamos remover artificialmente este tapón inevitablemente se desgarran la genitalia de la hembra. Este podría ser un caso donde una estructura (el tapón) surgida como mecanismo para evitar competencia espermática entre los machos finalmente resulta en un daño potencial a la hembra. Casos análogos de genitalias masculinas lacerantes para las hembras se han reportado en otros artrópodos como en el gorgojo manchado *Callosobruchus maculatus*.



**Figura 3.** Topón genital *Vaejovis punctatus* (a, b, c) y *Kuarapu purhepecha* (d; foto de Óscar Francke). La figura (a) muestra la barba distal (BD), alas laterales (AL) y espinas laterales (EL). En la figura (b) se observa un detalle de las espinas de la barba distal que desgarran la musculatura y genitalia femeninas. La figura (c) muestra la manera en que se entierran las EL en la cutícula y musculatura y como las AL obliteran completamente la abertura genital. La figura (d) señala la forma de un tapón genital sin espinas aplicables ni espinas laterales. Ambas especies de alacranes pertenecen a la familia *Vaejovidae* y no se sabe si estas diferencias en la forma del tapón se relacionan con su eficiencia para evitar las cópulas múltiples en las hembras.

## Comportamiento sexual después de la transferencia espermática

Después de la transferencia, en la mayoría de las especies la hembra se torna agresiva (independientemente de que haya o no recibido un tapón genital) y se mueve bruscamente para soltarse de las pinzas del macho. En el caso del género *Diplocentrus*, hemos observado que después de la transferencia espermática, la hembra empuja con su aguijón los quelíceros del macho para que la suelte inmediatamente. Aunque no se ha reportado que el macho corteje a la hembra después del apareamiento, también en *Diplocentrus* hemos observado que los machos inician nuevamente las vibraciones frente a la hembra. Sin embargo, cabe destacar que si este fuera un "cortejo postcopulatorio", el macho no tendría oportunidad de aparearse nuevamente porque la formación de un nuevo espermátforo demanda varios días. Quizás la función de este posible cortejo es que ellos "tratan de convencerlas" de que usen sus espermatozoides para fecundar sus óvulos. Sin embargo, esto tampoco se ha explorado.

Finalmente, es importante mencionar que aunque en los alacranes se ha sugerido la existencia de "canibalismo sexual postcopulatorio". Los casos históricamente registrados provienen de observaciones en cautiverio, donde parejas hacinadas en un pequeño frasco o terrario se atacan cada vez que se encuentran, o bien cuando el macho se alejaba y las hembras de mayor tamaño los atacaban, mataban y en algunos casos comían (cosa que en condiciones de campo no le revestiría ningún riesgo mortal). Así, a la fecha los casos de canibalismo sexual se ponen en duda por creer que un ataque seguido de muerte en los confines de un frasco es lo que finalmente ocurre en la naturaleza. En conclusión, aunque aquí se muestra un breve resumen del comportamiento reproductivo de los alacranes, el lector podrá apreciar los enigmas que aguardan respuesta en este fascinante grupo de arácnidos.

### Bibliografía

Contreras-Garduño, J., Peretti, A.V. & Córdoba-Aguilar, A. (2006)

Evidence that mating plug is related to null female mating activity in the scorpion *Vaejovis punctatus*. *Ethology*, 111: 1-17.

Contreras-Garduño, J., Córdoba Aguilar, A., Peretti, A.V. & Drummond, H. (2009) Selección Sexual. En: *Evolución Biológica*. Morrone, J.J. & Magaña, P. (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México.

Peretti, A.V. (1992) El espermátforo de *Bothriurus bonariensis* (C.L. Koch) (Scorpiones: Bothriuridae): morfología y funcionamiento. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción*, 63: 157-167.

Peretti, A.V. (1997) Evidencia de cortejo copulatorio en el orden Scorpiones (Arachnida), con un análisis en *Zabius fuscus* (Buthidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 56: 21-30.

Francke, O. F. & Ponce-Saavedra, J. (2010) A new genus and species of scorpion (Scorpiones: Vaejovidae) from Michoacán, Mexico. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 46: 51-57.

Dr. Jorge Contreras Garduño del departamento de Biología. División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato y el Dr. Alfredo Peretti, Cátedra de Diversidad Animal, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.



# LO SÚPER DE LAS SUPERCUERDAS

Saúl Ramos Sánchez

Imagen de [www.blingcheese.com](http://www.blingcheese.com)

Quizá es culpa de los griegos antiguos el espíritu destructor que invade los corazones de muchos estudiosos de la composición de la materia. Fue Demócrito quien en la antigua Grecia antes que nadie concibió que todo lo que nos rodea está compuesto de pedacitos básicos e indivisibles de materia. Hubo un tiempo en el que se creyó que los átomos eran esos pedacitos. Después, los pequeños componentes de los núcleos atómicos (protones y neutrones) y los electrones (que transportan la electricidad en los cables) tomaron su lugar. Hoy creemos que los quarks que componen a los protones y neutrones, junto con los electrones, son las piezas fundamentales de todo lo que habita en nuestro universo. A esas piezas las llamamos partículas elementales. Según la experiencia científica del último siglo, no existe nada más pequeño. Sin embargo, la historia nos ha enseñado que es sabio dudar. Es posible que las partículas elementales contengan, a su vez, estructuras aún más pequeñas y básicas.

Algunos científicos curiosos han concebido la idea de que es posible que, en realidad, los componentes fundamentales de todo no sean las partículas elementales, sino cuerditas vibrantes mucho más pequeñas que todo lo conocido. Para

ellos, las diferentes partículas elementales, representadas a veces como minúsculas canicas, son sólo un “efecto óptico”, producido por las distintas vibraciones de cuerdas mucho más pequeñas que las partículas. Así como las cuerdas de una guitarra pueden producir distintas notas, las cuerdas que construyen el universo producen distintas partículas que a su vez forman átomos que se combinan en moléculas, y luego en células vivas o estructuras cristalinas que, al acumularse, crean árboles y rocas, lunas y planetas, agujeros negros y galaxias. El universo para esos científicos curiosos es una magnífica sinfonía en la que las notas de las cuerdas son la materia que podemos palpar, idéntica a toda la materia conocida en el universo.

Ciertamente, la conjetura de que son cuerdas en lugar de partículas las que componen toda la materia del Universo es una idea aventurada. No obstante, para empezar no es más aventurada que la concepción de los átomos de Demócrito, y en segundo lugar, no es del todo injustificada, pues sabemos que podría resolver enigmas en donde otras teorías han fracasado. El primer misterio que resolvería tiene que ver con Albert Einstein, su teoría de la gravedad y la increíble mecánica cuántica.

Einstein, con su teoría de la relatividad, no sólo enunció su famoso principio de que la energía equivale a cierta cantidad de materia (lo que llamamos masa), sino que nos enseñó que la gravedad nos hace caer al piso y no hacia arriba porque la masa y la energía de la Tierra deforman el espacio en el que vivimos hacia abajo, o sea que, aunque no lo percibamos, estamos atrapados en un agujero creado por la simple existencia de nuestro planeta. Todas las cosas caen hacia abajo a menos de que lleven un impulso suficientemente poderoso hacia arriba, como las naves espaciales. Todas las cosas. Todas, aunque las partículas más ligeras prácticamente no caen, pues la gravedad jala con mayor fuerza cuanto más pesado sea el objeto involucrado. Y es aquí cuando aparece un problema: las partículas elementales son ligerísimas y casi no perciben la gravedad. Pero, si la sienten; de otra forma, ¿cómo se llegarían a formar montones de partículas tan grandes como los planetas y las estrellas?

Los físicos del siglo pasado nos enseñaron que las reglas que controlan el movimiento de objetos tan o más pequeños que un átomo (que es alrededor de un millón de veces más delgado que un cabello) no pueden ser las mismas que son válidas para los objetos que nos rodean en nuestra vida cotidiana, sino que deben ser sustituidas por las leyes de la mecánica cuántica, basada en reglas de probabilidades que rigen el movimiento de todo. Estas reglas han sido corroboradas al estudiar las otras fuerzas de la naturaleza, las que afectan los fenómenos electromagnéticos y nucleares (tales como una explosión atómica o la generación de la energía del Sol). Lo malo es que, cuando intentamos entender la gravedad de Einstein a estas diminutas escalas “cuánticas”, es decir, al combinar completamente la mecánica cuántica con la relatividad de Einstein, los cálculos conducen a resultados sin sentido (números infinitos por todas partes) que sólo significan que las teorías fallan rotundamente.

A primera vista, la irrefutable gravedad de Einstein es incompatible con la comprobadísima mecánica cuántica. Sin embargo, quizá lo más fascinante de la teoría de cuerdas es que demuestra que las apariencias engañan: en un universo en donde la teoría de cuerdas gobierna, la gravedad y las fuerzas cuánticas que afectan a lo más pequeño son hijas de la misma reina. Es esta fusión de todas las fuerzas de la naturaleza en una sola teoría cuántica uno de los primeros y más sorprendentes descubrimientos de la teoría de cuerdas. Originalmente, la teoría de cuerdas intentaba

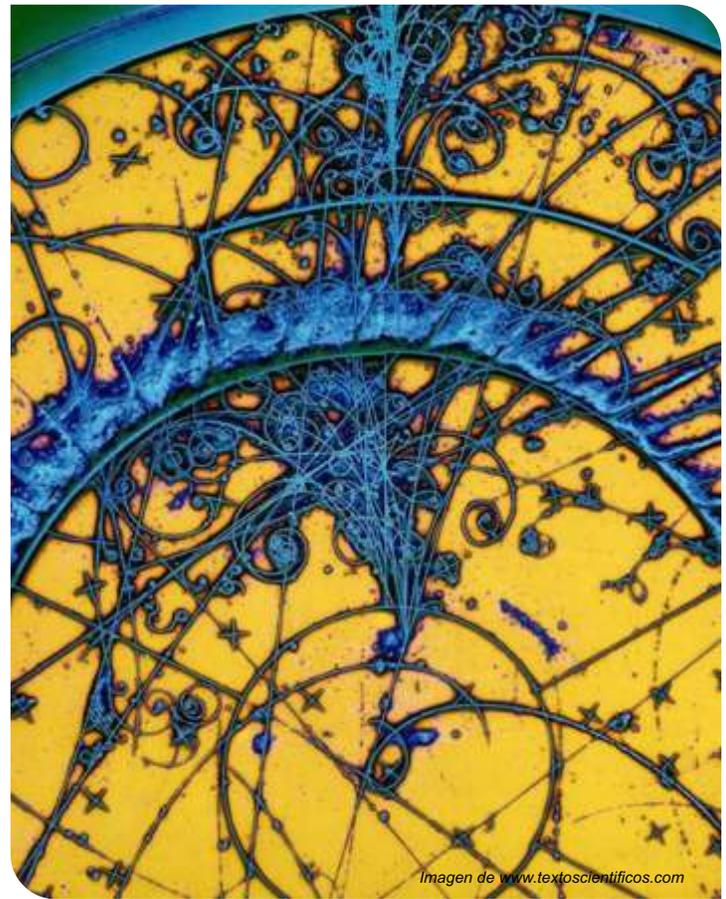


Imagen de [www.textoscientificos.com](http://www.textoscientificos.com)

describir la composición de los núcleos atómicos y otras partículas muy parecidas a los componentes de los núcleos, pero, un día de 1984, apareció en la lista de las partículas creadas por la vibración de las cuerdas una partícula inesperada que de ninguna manera tiene algo que ver con los núcleos atómicos: un gravitón. El gravitón es una partícula cuántica que, de existir, sería tan pequeña como todas las otras partículas elementales y se desplazaría a la velocidad de la luz, transmitiendo la presencia de campos gravitacionales entre objetos con masa y energía. El gravitón sería el mensajero de la gravedad. Con este descubrimiento, la teoría de cuerdas abandonó su objetivo original y abordó un propósito infinitamente más ambicioso: la descripción de todas las fuerzas de la naturaleza, la descripción de todo lo conocido en una sola teoría unificada, en una teoría de todo.

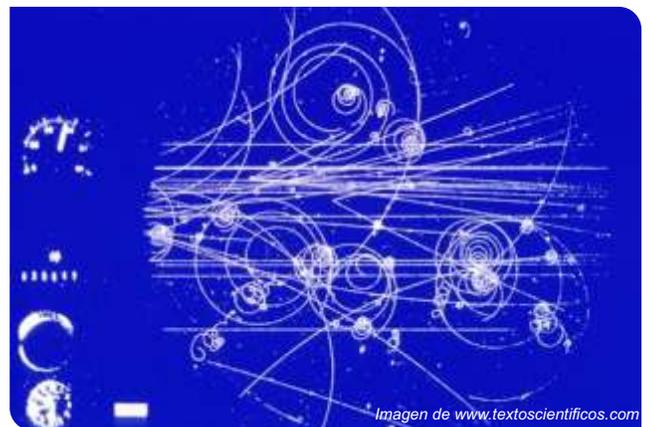


Imagen de [www.textoscientificos.com](http://www.textoscientificos.com)

Einstein invirtió gran parte de su vida tratando de construir una teoría para describirlo todo. Y probablemente él tuvo todas las piezas en la mano, pero su profundo desprecio por la mecánica cuántica —cuya veracidad hoy ya no podemos cuestionar— lo condujo por la senda incorrecta. Las piezas fundamentales de la teoría de cuerdas son en realidad sólo dos: las cuerdas diminutas y la mecánica cuántica. Y de combinarlas surgen magníficas consecuencias, efectos que ya habían aparecido en otras teorías y que habían cautivado el interés de Einstein: la teoría de la gravedad como él la concibió sólo corregida por la presencia del gravitón cuántico y dos curiosas predicciones que a más de uno le han causado dolores de cabeza: la posible existencia de dimensiones espaciales adicionales y nuevas simetrías de la física de la naturaleza. Estas predicciones requieren una explicación detallada.

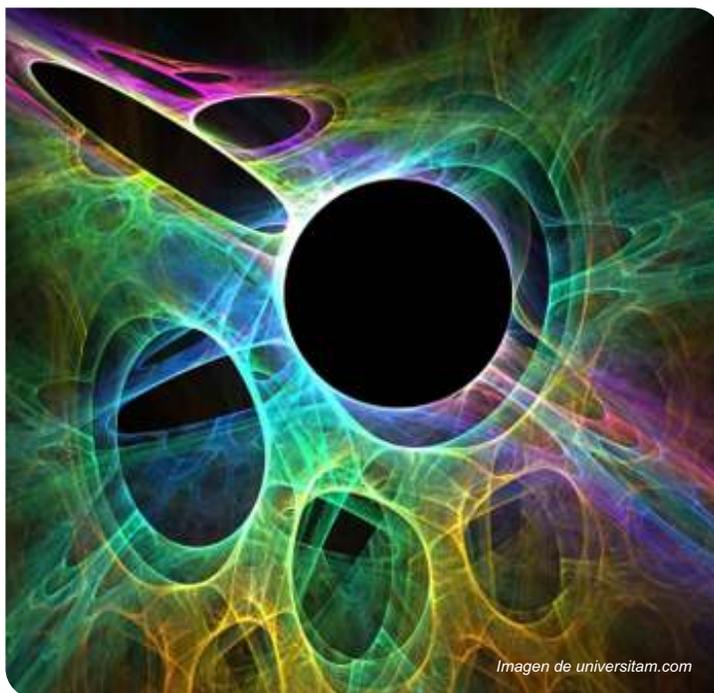


*Imagen de javierciencia.com*

Empecemos por la idea de las dimensiones extra. Un buen día de 1919, Einstein recibió un mensaje de Theodor Kaluza. Este físico-matemático de apenas 33 años había tenido la osadía de intentar mejorar las ecuaciones inventadas por Einstein para describir la gravedad. Su contribución fue imaginar que la gravedad de Einstein no sólo era válida para las 3 dimensiones espaciales (ancho, alto y largo) de nuestra experiencia cotidiana, sino que valía también en una cuarta dimensión espacial desconocida. La cuarta dimensión sería para alguien como nosotros lo equivalente a la altura para dibujos confinados a vivir en una hoja de papel. El resultado de su aventura fue que, si esa dimensión adicional existiera, podríamos fácilmente explicar a partir de la gravedad en cuatro dimensiones espaciales, la aparición de la gravedad y de los fenómenos electromagnéticos en nuestras tres dimensiones. Seducido por la idea de Kaluza de fusionar la gravedad y el electromagnetismo, Einstein le respondió “Respeto enormemente la belleza y la osadía de sus ideas” y, no sólo apoyó la publicación del trabajo, sino que él mismo se involucró en el refinamiento de la conjetura.

no existían, a menos que... ¡a menos de que fueran muy pequeñas! Klein pensó que las dimensiones adicionales no forzosamente debían ser como las que conocemos, sino que podrían ser tales que, por ejemplo, si camináramos sobre la cuarta dimensión, tras un muy breve tiempo regresaríamos al lugar del que partimos, como si la cuarta dimensión fuera redonda. Si la cuarta dimensión fuera un círculo mucho más pequeño que todo lo conocido —pensó Klein—, se logra la unión de la gravedad y el electromagnetismo propuesta por Kaluza y justificamos por qué no hemos visto dicha dimensión. A este golpe de genialidad le llamamos hoy “compactificación de Kaluza y Klein” de las dimensiones adicionales.

Pero fue el condecorado físico sueco Oskar Klein quien, en 1926, corrigió un error de la idea de Kaluza. Kaluza había olvidado que no somos dibujos atrapados en un universo tridimensional, sino que somos seres de gran curiosidad y que hacemos experimentos para explorar lo desconocido. Ningún experimento había mostrado indicios de dimensiones adicionales parecidas a las tres que nos son familiares (y tampoco lo ha logrado hasta ahora). Klein concluyó que esas dimensiones



*Imagen de universitam.com*

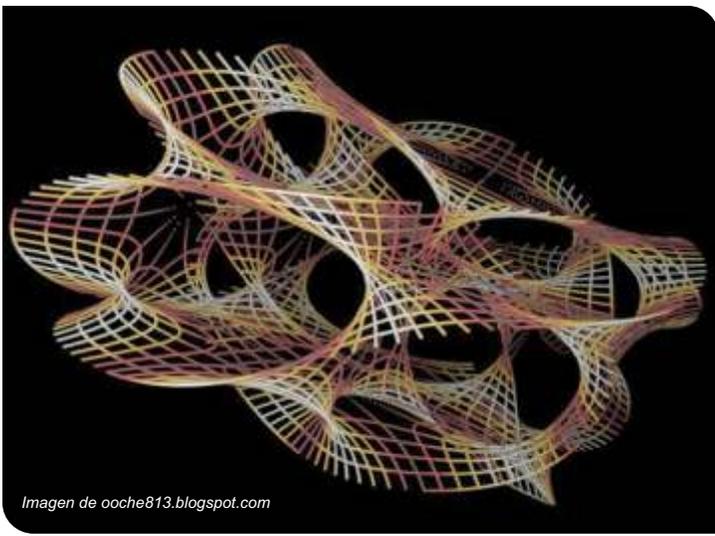


Imagen de coche813.blogspot.com

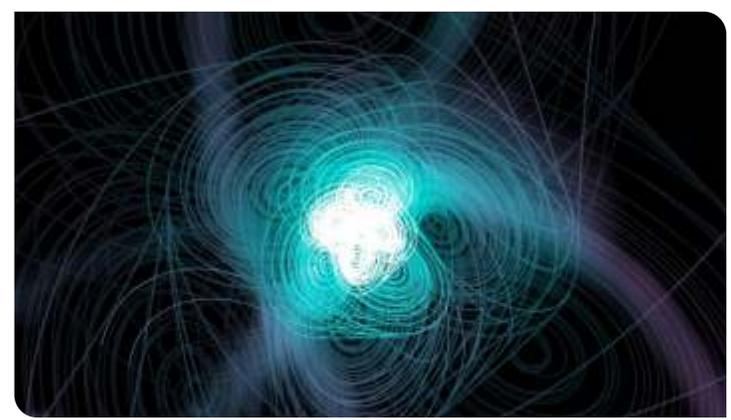
Para apreciar mejor cómo son las dimensiones compactificadas de Kaluza y Klein, pensemos en un niño y un bicho que caminan sobre un delgado cable. Mientras el niño sólo puede caminar hacia atrás y adelante, es decir en una dimensión, el bicho también se mueve de derecha a izquierda, rodeando la pequeña circunferencia del cable, percibiendo una segunda dimensión que el niño no ve debido a que es muy pequeña. El cable podría representar nuestro universo, en donde nos desplazamos en las dimensiones conocidas sin percatarnos de que podría existir una dimensión pequeña que sólo ven los bichos más chiquitos o las partículas elementales. Las ideas de Kaluza y Klein fueron olvidadas durante mucho tiempo debido a que, al combinarlas con la mecánica cuántica, conducían a los resultados sin sentido que siempre habían provocado los intentos de mezclar la cuántica con la gravedad.

La teoría de cuerdas predice la existencia no de una, sino de seis dimensiones adicionales, que han escapado a toda observación. Siguiendo las ideas de Kaluza y Klein, no parece insensato concebir que existen y que están compactificadas. La teoría de cuerdas ha eliminado el conflicto de unir la gravedad y la cuántica, así que ahora el único detalle pendiente para poder celebrar a la teoría de cuerdas como una teoría de todo es la detección experimental de las dimensiones adicionales predichas.

La segunda predicción de la teoría de cuerdas es la existencia de una simetría muy peculiar en la naturaleza, la "supersimetría". Aclaremos primero qué es una simetría y después busquémosle lo súper a la nueva simetría. Las simetrías están en todas partes. Por ejemplo, tomemos una bola blanca de billar bien pulida. Pidamos a una amiga que la observe, luego que cierre los ojos y rotemos

la bola arbitrariamente. Al abrir sus ojos, nuestra amiga no será capaz de notar si algo ha cambiado. Esto ocurre porque una esfera es simétrica bajo rotaciones. Existen muchas otras simetrías. Por ejemplo, si filmamos un mismo evento que ocurre a diario en un cuarto cerrado, sin un calendario de por medio, nos sería imposible decir cuándo ocurrió. Esta es una simetría temporal. Algo similar se concluye si filmamos la misma escena aquí o en otro lugar del planeta, debido a que el universo es simétrico con respecto a desplazamientos espaciales. Como vemos, una simetría está relacionada con observar lo mismo pese a que hayamos realizado ciertos cambios (rotaciones, reflexiones, desplazamientos espaciales o temporales, etc.).

La extraña supersimetría predicha por la teoría de cuerdas corresponde a una simetría entre las partículas elementales. Todas las partículas tienen una propiedad intrínseca a la que llamamos espín o cantidad de giro. Es decir, aunque no estén físicamente girando, si midiéramos sin mirar qué tanto gira una partícula, siempre nos arrojaría un valor que interpretamos como su espín. Para hacer menos difícil la comprensión del espín, muchos representan a una partícula con espín distinto de cero, como una canica girando, mientras que una partícula con espín cero sería una canica que no gira. Esta imagen, aunque no del todo correcta, nos ayuda a darnos una buena idea de cómo funciona la supersimetría. Las partículas que componen los objetos de nuestro universo tienen espín, o sea que los podemos imaginar formados como bolitas rotantes. La supersimetría indica que podríamos sustituir esas partículas por otras que no tienen espín (por canicas que no giran) sin que notemos la diferencia. La mecánica cuántica que gobierna nuestro universo nos dice que, aunque fuera por un instante, las partículas de los objetos que nos rodean deberían perder su espín, permitiéndonos comprobar que la supersimetría existe. Lamentablemente, hasta hoy nadie ha notado semejante transformación.





Lo interesante de la supersimetría es que, de existir, nos ayudaría a comprender otros misterios de la naturaleza. Por ejemplo, desde las primeras observaciones cosmológicas de precisión realizadas en los ochentas por el satélite COBE y refinadas por el satélite Planck según su reporte del pasado 21 de marzo de este año, se sabe que sólo el 5% del universo está formado por objetos como los que observamos y sus partículas elementales. El resto es completamente desconocido. Al menos casi una tercera parte de ese 95% desconocido podría estar compuesto de una reliquia supersimétrica, una partícula sin espín, muy veloz y ligera que no emite ni refleja luz alguna. La supersimetría nos daría así una partícula a la que llamaríamos materia oscura (precisamente porque no vemos sus señales luminosas), cuya detección nos dejaría entender un papel de la teoría de cuerdas en nuestro universo.

Aunque interesantes, las dos principales predicciones de la teoría de cuerdas son actualmente muy difíciles de corroborar. A diario, en carísimos experimentos diseñados con otros propósitos se buscan indicios de las dimensiones adicionales y de las partículas supersimétricas. Los más optimistas opinan que estamos muy cerca de descubrirlos, pero otros opinan, con menos esperanza, que la teoría de cuerdas podría estar condenada a formar parte de la historia de fracasos científicos.

Sin embargo, no nos es posible predecir el futuro de esta teoría y, como dijera Carl Sagan, “la ausencia de evidencia no significa evidencia de ausencia”. De comprobarse que la teoría de cuerdas describe la naturaleza, ésta será la clave de muchos enigmas. En primer lugar, por tratarse de una teoría que describe todos los fenómenos físicos en un solo conjunto muy pequeño de reglas, nos ayudará a

entender mejor nuestro universo, tal como hiciera James Clerk Maxwell con su teoría del electromagnetismo que unifica la descripción de los fenómenos lumínicos, eléctricos y magnéticos. Además, seguramente no sólo nos revelará los secretos de la mencionada materia oscura, sino que responderá otras preguntas cosmológicas, tal como ¿qué son los otros dos tercios que desconocemos en la composición del universo? Nos dirá si existen otras partículas elementales aún no descubiertas. Quizá nos contará más acerca de la famosa “gran explosión” o “big bang” que dio origen al universo como lo conocemos. Y nos podría traer, como toda buena teoría, nuevos retos, tales como la búsqueda de la utilidad de las dimensiones adicionales en nuestras vidas.

Hoy, científicos de todo el mundo trabajan arduamente en esta teoría, cuestionando a diario qué otras observaciones son posibles con la tecnología actual en un universo gobernado por cuerdas vibrantes. Buscan que el revolucionario éxito de fusionar la mecánica cuántica con el monumental trabajo de Einstein no sea relegado a una anécdota al pie de página, quieren, como todos los científicos con sus teorías, que esta conjetura de casi treinta años de edad ocupe los títulos del gran libro del conocimiento que la humanidad ha acumulado en su historia. ■



Dr. Saúl Ramos Sánchez, es investigador del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México.

# Entrevista

Por Roberto Carlos Martínez Trujillo  
y Fernando Covián Mendoza

## Dr. Horacio Cano Camacho

**Profesor-Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología (CMEB) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, instituido por la UMSNH en el año de 1998 como un centro de investigación de alto nivel en las áreas de biología molecular y biotecnología molecular en el campo agropecuario.**



**Él fue distinguido con el Premio Estatal de Ciencia Tecnología e Innovación 2012 en reconocimiento a su labor como divulgador de la ciencia desde hace más de tres lustros. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I.**

### ¿Qué lo llevó al campo de la divulgación de la ciencia?

La convicción de que se trata de un deber ético de todo profesor o investigador: dar a conocer lo que sabe o hace con los recursos de la sociedad. Es muy importante generar una cultura científica en la sociedad como una vía de generar valores cívicos, éticos y desde luego, estéticos. Estoy convencido que la crisis actual por la que atraviesa el país (violencia, inseguridad, corrupción) es en gran medida un reflejo del fracaso rotundo del sistema educativo que no fue capaz de engendrar una sociedad de ciudadanos. La divulgación de la ciencia, la educación y la cultura pueden salvarnos si logramos que penetre y se difunda a toda la sociedad. Por lo menos creo que puedo aportar un granito de arena.

### ¿Dónde pone los acentos al hacer divulgación, en el fondo o en la forma?

En ambas. Es importante que todo lo que digas sea rigurosamente cierto, que pueda sustentarse con hechos. Pero como lo digas es también fundamental. Debe de lograrse un equilibrio entre los hechos y un lenguaje próximo al auditorio. Debes lograr comunicarte con él, emocionarlo y seducirlo para que se acerque al conocimiento.

¡Que tu lector o tu escucha sienta emoción por saber es todo un reto! Debemos recordar, además, que no estás formando especialistas. Por el contrario, estás intentando atraer entusiastas de la cultura o formándolos, lo que resulta aún más complicado. Pero hay que tener cuidado de no confundir o abrumar al auditorio con datos, datos, datos. La divulgación, estoy convencido, es un arte y no una ciencia. Y el divulgador debe convertirse en un artista que comunique emociones y también... hechos.

### ¿Qué medio le gusta más para hacer divulgación y por qué?

Cada medio tiene sus encantos y dificultades y desde luego, su auditorio. Me encanta escribir (no sé si lo hago bien) y tengo mis fans... es una forma de decir que hay algunas personas que me siguen y buscan mis artículos y en ocasiones me comentan algo al respecto cuando me cruzo con ellos. Pero también me pasa algo similar con el programa de radio. En fin, lo que importa es el mensaje. El medio hay que aprovecharlo. Si quieres hablarle a una ama de casa (que por cierto, es un auditorio muy importante) o a un taxista, está la radio, porque están escuchando mientras realizan sus labores. Los periódicos y las revistas van más dirigidas a un lector con cierto nivel de educación (media o media superior) que acostumbra leer y entonces lo que digas y cómo lo digas debe responder a ese posible auditorio. Si te equivocas, lo asustas y lo alejas del conocimiento. No debemos olvidarlo. Un problema adicional es el bajo nivel de lectura que existe en México, de manera que hay que seleccionar con mucho cuidado el medio y el lenguaje y finalmente, tenemos una competencia terrible en los medios

comerciales. Nos guste o no, la mayoría de la gente obtiene sus nociones sobre ciencia a través del cine o peor aún, de la televisión comercial. De manera que también debes ser capaz de adaptarte y aprovechar esa condición. Una película de moda puede ser el pretexto idóneo para introducir conceptos y explicaciones científicas, pero hay que saber hacerlo...

### **¿Qué lo motivó o cuál fue el factor decisivo para elegir carrera y destino?**

Lo que les contaba antes. Yo llegué a la ciencia por motivos más bien ideológicos. Cierta noción, aunque muy primitiva, de hacer algo por los demás. Una idea romántica, es cierto, pero creo que todos los adolescentes tenemos esa motivación en un inicio. Después, a medida que vas aprendiendo, van surgiendo otras motivaciones –digamos, más académicas— que te impulsan a seguir. El conocimiento te atrapa y te impulsa. Cuando comienzas a aprender se hace una especie de adicción que solo se cura aprendiendo más... No me gusta el trabajo monótono, de repetición al infinito y la biología no lo es en absoluto. Alimenta tu capacidad de sorprenderte cada día con lo que aprendes y con lo que otros descubren y luego te enseñan. Es además, una carrera muy divertida. Creo que escogí la mejor carrera del mundo y además me pagan por trabajar en ella....



### **¿Cuánto le ha significado su trabajo en el Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología?**

Muy satisfactorio. Un grupo de compañeros y yo lo creamos. Tuvimos el apoyo de las autoridades y de otros profesores entusiastas. Cuando uno termina

su doctorado sólo sueña con una oportunidad así. El Centro va muy bien, a pesar de muchas limitaciones (dinero sobre todo). Ha crecido en calidad y cantidad. Buenos investigadores, magníficos alumnos, proyectos muy interesantes e importantes. Recibimos jóvenes de licenciatura, maestría y doctorado, pero también alumnos de otros programas más básicos, como preparatoria o de carreras técnicas. Y es muy satisfactorio verlos crecer, emocionarse con su trabajo, dedicarle todo el tiempo del mundo, discutir apasionadamente, ir transformando su lenguaje... Creo, sin duda alguna que el CMEB está cumpliendo a cabalidad los objetivos para los que fue creado. Y eso lo podemos ver en la cantidad y calidad de sus publicaciones científicas, la cantidad y calidad de sus egresados, los proyectos financiados con los que los profesores trabajan. Nos falta más, sin duda. Pero vamos avanzando.

Mis primeros proyectos apoyados, mis primeros estudiantes y mis primeras publicaciones salieron del trabajo en y desde el CMEB. La Universidad Michoacana, a pesar de todos los problemas que arrastra, es muy generosa con nosotros y nos permite trabajar bien, crecer. Hacer lo que nos gusta....

### **Siendo profesor, ¿cuáles son sus metas y satisfactores de las mismas hasta ahora?**

Hacer un trabajo de calidad, responder a los retos y compromisos de mi universidad. Siento que estoy haciendo bien mi trabajo, pero puedo mejorar. Eso lo puedo medir en mis publicaciones científicas. Hay que ir subiendo el valor y la calidad de las mismas. No conformarnos con cumplir. Otra satisfacción (aun mayor), es el momento en que mis estudiantes obtienen un grado (el que sea). Verlos en esa fase significa mucho. Para mí, es el reflejo claro de que estamos cumpliendo. Que la Universidad y yo mismo somos importantes para muchos. Que le estamos abriendo las puertas del futuro al talento de nuestros jóvenes y nuestros ciudadanos. Y dar clase me gusta mucho, creo que no lo hago mal, aunque ese juicio no debería salir de mí... Me gusta lo que hago. Además de ser biólogo, dar clases en una verdadera fiesta, llena de satisfacciones y retos.

Y fíjense, la Universidad nos proporciona todo esto. La posibilidad de trabajar en la investigación científica, de proporcionarnos un medio de vida (bueno), de formar gente, de enseñar y de esa manera, de servir a la sociedad.

## ¿Cómo equilibra tiempo y concentración entre sus labores cotidianas como investigador, formador de estudiantes de posgrado y divulgador?

Uff, ¡qué difícil pregunta! Hay que darse tiempo para todo. Trabajo, asesorías, gestión, clases, etc. Pero también es muy importante darte tiempo para leer, escuchar música, ver cine. Todo ello forma parte de la cultura y es una obligación... No lo sé. Organizarse y hacerlo...

Tengo por supuesto el apoyo incondicional de mi compañera. De otra manera sería imposible.

Seguro otros investigadores lo han dicho. Trabajar en ciencia es un modo de vida. Cada una de estas labores que señalan se convierten en indispensables y van encontrando su lugar. Hay que hacerlas todas y hacerlas bien...

Al final de cuentas no es tan difícil ni abrumador como se oye.

## ¿Qué ha significado para usted el haber obtenido el Premio Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación 2012, en la modalidad de Divulgación?

Me dio gusto. Que el premio exista y reconozca la labor que hacen muchos en el estado es muy importante. Más allá de tus 15 minutos de fama (a los que todos tenemos derecho, solía decir Andy Warhol), es indispensable que se reconozca la importancia de la divulgación en la educación, pero sobre todo en la formación de ciudadanos. Nunca pensé (en serio), recibir algo a cambio de la actividad como divulgador. Es más, yo no me considero divulgador (a buena hora lo digo). Los divulgadores estudian, van a congresos, seminarios y diplomados del tema. Yo nunca lo he hecho. Hago divulgación por lo que apunté antes, es parte de la ética del conocimiento y mi obligación como ciudadano. Me gusta contar cosas, me gusta que otros se enteren de cómo funcionan ciertas cosas y si yo lo sé, pues hay que enseñar a los demás. De tal manera que nunca creí que alguien me diera un premio por hacer cosas que me gustan. Pero allí está y me da mucho gusto, por supuesto.

## ¿Cuál es la importancia que le da a la divulgación y por qué?

La cultura científica puede contribuir a formar mejores ciudadanos. El conocimiento nos ayuda a tomar decisiones informadas, nos genera una visión ética, cívica y estética de la naturaleza y la sociedad misma. Y un ciudadano formado en estos valores es, por fuerza, un mejor ciudadano. Creo que el valor de la divulgación está aquí: formar personas críticas, racionales, responsables. Por supuesto, no es una varita mágica. Debe ser parte de un proceso más complejo que pasa por mejorar la educación en todos sus niveles, mejorar las condiciones de vida de la población, dar acceso a la educación a todos en todos los niveles, administrar el país de mejor manera... La divulgación por su fuerza educadora debe ser una parte estratégica de la educación y la formación de una sociedad de ciudadanos y no de clientes. Es importante recalcar que la divulgación no debe tener como objetivo central formar investigadores o atraer gente al campo de la ciencia. Claro que esto es válido y tiene su importancia. El objetivo fundamental es formar mejores ciudadanos.



## ¿De qué manera se puede motivar a los jóvenes y catedráticos para que realicen divulgación?

Esta respuesta tiene que ver con la anterior. Los estudiantes y profesores universitarios antes que tales son ciudadanos y deben asumir ese papel primero. Entender que sólo saldremos adelante como sociedad y no de manera egoísta e individualista. Una vez entendido esto, lo que sigue es una labor de entrenamiento. Nadie nace sabiendo divulgar, hay que estudiar, hay que ensayar, todo eso... De manera que el primer paso es enseñar el deber que tenemos los universitarios con la sociedad que nos paga. Habrá muchos profesores e investigadores que argumenten falta de tiempo, múltiples ocupaciones, etc. Es cierto, los universitarios, en particular los Profesores-Investigadores somos gente muy ocupada, pero debemos darnos un espacio para escribir. Si no lo hacemos, muchas veces es por miedo a salirnos de nuestro círculo de confort, del lenguaje especializado y críptico en el que nos sentimos cómodos. Hay que aventurarse a explicarle a los no especialistas lo que hacemos o lo que sabemos. No es fácil, sobre todo cuando, por desgracia, sabemos que en el sector universitario también, como en toda la sociedad, hay una gran ignorancia. Muchos de mis compañeros universitarios no leen, su cultura es muy limitada. Entonces resulta muy difícil divulgar. Necesitamos conocimientos, lenguaje, imaginación y esto nos lo aporta la cultura y la experiencia.

Entonces el primer paso es motivarlos a través de hacer conciencia de la importancia de divulgar, el segundo es crear o consolidar los medios para que lo hagan (no todo mundo es un buen divulgador, pero puede dar entrevistas en radio, explicar cosas o responder dudas en internet, etc). Y el tercero, tal vez el más fácil de todos, es capacitar al futuro divulgador en los truquillos y tripas de la divulgación....

## ¿Cuáles son otras de sus atenciones, gustos, aficiones o dedicaciones?

¿En qué departamento? (Así dice mi esposa) Mis intereses son, creo, muy amplios. Yo disfruto mucho leer. Siempre

me verán leer. Confieso que soy adicto a la lectura, en particular la literatura de ficción (la novela negra, la ciencia ficción, la literatura en general). Me gusta mucho el cine, también es mi pasión, tanto como la música. Me gusta viajar, conocer nuevos lugares y la cocina. Cocinar es parte de mi ritual doméstico y además es de familia, desde mi padre y tíos, así como alguno de mis hermanos, la cocina se nos da... Voy al programa de radio, escribo en el periódico, tengo mi página web (medio descuidada ahora, pero prometo atenderla en vacaciones)... Platicar de lo que leo y recomendar lecturas me gusta mucho. No es para que digan "ah, ¡jeste tipo como lee!". No. Hay mucho de placentero en recomendar libros que me sedujeron, que me entusiasmaron. Y transferir esa emoción a otros. De la misma manera me gusta mucho recibir una recomendación de lecturas o películas y luego, platicar sobre ello. A cada rato estoy mandando correos con comentarios sobre mis lecturas a mis amigos. Muchos me hacen caso y responden y me cuentan sus propias apreciaciones. De esa manera nos alimentamos. Es tan importante para mí esta actividad, que estoy pensando en convertirla en una página web...■



Reproducir video

00:05:07

Agregado el 07/05/2013





El pasado 15 de febrero del 2013, un meteoro estalló cerca de la ciudad de Chelyabinsk, Rusia. La explosión fue equivalente, al menos, a la liberada por 400 kilotones (un kilotón es igual a mil toneladas) de TNT, casi 26 veces la energía proporcionada por la bomba atómica que devastó Hiroshima. Parte de la energía liberada generó una onda de choque (es decir, una onda de aire comprimido y gran presión que puede propagarse a velocidades supersónicas) misma que se dejó sentir a distancias de hasta 200 kilómetros del lugar de la explosión. Más de mil personas resultaron heridas en la ciudad de Chelyabinsk, principalmente por la rotura de los cristales de las ventanas que sucumbieron ante el paso de la onda de choque. Afortunadamente, el meteoro no explotó sobre ciudad o poblado alguno. De no haber sucedido así, los daños hubieran sido mayores.

Algunas estimaciones indican que el meteoro viajaba a una velocidad de 20 km/s (66 veces mayor que la del sonido), tenía un tamaño de 15 a 20 metros y pesaba cerca de 10 a 18 mil toneladas. Debido a sus dimensiones, relativamente pequeñas, no pudo ser detectado por los sistemas de alerta que se dedican a la búsqueda de objetos espaciales que pudieran golpear la Tierra hasta que el asteroide

ingresó a la atmósfera. El meteoro no impactó la superficie terrestre, sino que explotó en la atmósfera, a una altura de entre 20 y 30 km sobre el nivel del suelo. Gracias al estudio de los diversos videos que se tomaron del meteoro, se ha estimado la órbita que tenía el objeto antes de entrar a la atmósfera terrestre. Al parecer, el origen del meteoro parece encontrarse en el cinturón de asteroides del sistema solar (ubicado entre la órbita de Marte y Júpiter). Así mismo, del análisis de la trayectoria, se ha descartado que el objeto estuviera relacionado con el asteroide 2012 DA14, el cual pasó muy cerca de la Tierra ese mismo día.

En el Sistema Solar existe una gran cantidad de material orbitando en torno al Sol. Este material está presente en diversos tamaños, desde motas de polvo (del tamaño de una milésima de mm) hasta de rocas gigantescas que pueden alcanzar varios kilómetros de radio. A los más pequeños (de tamaño menor o igual a 1 m) se les conoce como meteoroides y a los más grandes, asteroides. Los meteoroides son restos de la formación del sistema solar (como los asteroides) y del material liberado por los cometas. Además, pueden generarse durante violentos choques entre asteroides, o bien, de asteroides con planetas y lunas rocosas, de donde cierta cantidad de material puede ser eyectado al espacio. Se estima que entre mil y diez mil toneladas de material en forma de meteoroides cae a la Tierra diariamente, pero sólo una vez cada 9 años ingresa a la atmósfera terrestre un fragmento de material con energía mayor o igual que la del meteoro de

Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez  
Instituto de Física y Matemáticas  
Universidad Michoacana de San  
Nicolás de Hidalgo

Chelyabinsk. Tomando en cuenta que tan sólo 0.8 % de la superficie total de la Tierra está habitada se deduce que un evento de esta naturaleza impacta en la proximidad de una ciudad muy raramente, aproximadamente cada mil años.

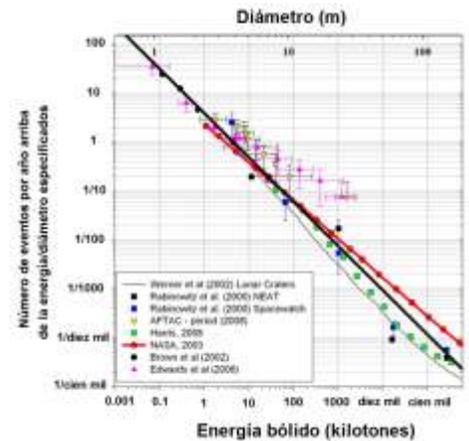


Figura. Relación entre el número de meteoros que ingresan a la atmósfera terrestre por año, por encima de cierto tamaño o energía, y la energía (escala inferior) o el diámetro (escala superior) del objeto [Créditos: Silber, 2009].

Cuando un meteoroides o asteroide ingresa a la atmósfera se le conoce como meteoro. Los meteoros de masa igual o mayor a unas fracciones de gramo llegan a calentarse hasta temperaturas de miles de grados celsius debido a la gran velocidad del objeto (del orden de decenas de km/s) y a la fricción con el aire. A los eventos luminosos que se observan por la noche debido al calentamiento del aire y del meteoro se les llaman estrella fugaces. Los meteoros más grandes, muy brillantes, de tamaño mayor a un metro, que son acompañados por largas estelas de humo, y que en ocasiones llegan a explotar en la atmósfera, se les denomina bólidos. Precisamente el meteoro de Chelyabinsk fue de esta clase. En general, los meteoros

explotan o se desintegran antes de llegar a la superficie de la Tierra. A los fragmentos que sobreviven y quedan dispersos sobre la superficie de la Tierra se les conoce como meteoritos. Del análisis de estos restos se puede, desde estudiar la composición del objeto, hasta calcular su edad (midiendo la abundancia de ciertos elementos químicos radioactivos) y estimar el tiempo que estuvo vagando en el espacio desde su formación (determinando el tiempo de exposición del objeto a la radiación cósmica).

En el caso del evento de Chelyabinsk, el fragmento más grande que se ha encontrado hasta el momento tiene un peso de 1.8 kg. Se cree que restos más grandes podrían yacer en el fondo del lago congelado de Chebarkul, Rusia. Es en este lugar en donde se encontró un misterioso agujero de 16 m de diámetro sobre la capa de hielo que cubría el lago, quizás generado por alguno de los restos del meteorito. Del análisis de algunos de los fragmentos recuperados se estima que la edad del objeto era de 4500 millones de años. Además, se ha descubierto que el meteorito fue sometido a condiciones extremas de temperatura en el pasado distante, hace casi 10 millones de años, quizás como resultado de una colisión con otro cuerpo celeste en el espacio.

De acuerdo a su composición, los meteoritos pueden ser de tipo metálico (también llamados ferrosos o sideritas, abundantes en hierro y níquel), pétreos (o conocidos como aerolitos, compuestos principalmente por silicatos) y pétreo-ferrosos (también denominados siderolitas, donde se hallan elementos metálicos y silicatos en proporciones comparables).

Se sabe, en base al estudio del material recuperado, que el meteorito de Chelyabinsk es de tipo pétreo, en particular, del tipo condritico (donde abundan pequeñas estructuras esféricas formadas por silicatos). Es menester mencionar que el análisis físico de la luz solar reflejada por el asteroide 2012 DA14 muestra que este objeto es más rico en carbono que los restos del meteorito de Chelyabinsk. Esta diferencia en composición refuerza la hipótesis de que, en efecto, ambos objetos no estuvieron relacionados.



Los estudios del meteorito continúan y la búsqueda de los restos sigue adelante. Por lo pronto, este evento ya está registrado en los anales de la historia como el segundo impacto más grande sobre la Tierra que haya sido registrado por el hombre después del de 1908. En ese año, un meteorito de miles de kilotones impactó en la región de Tugunská, ubicada también en Rusia. Cabe mencionar que, a diferencia del suceso de ese entonces, en el caso del meteorito de Chelyabinsk se cuenta con una gran cantidad de datos, mismos que fueron tomados con diversas cámaras de videos e instrumentos científicos. Seguramente, el análisis detallado de esta información ampliará nuestro conocimiento actual sobre los impactos de meteoritos. ■

### Bibliografía

NASA - Russia Meteor Not Linked to Asteroid Flyby  
[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/ast](http://www.nasa.gov/mission_pages/ast)

[eroids/news/asteroid20130215.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/asteroids/news/asteroid20130215.html)

Fireball and Bolide Reports  
<http://neo.jpl.nasa.gov/fireballs/>

Alan E. RUBIN, Jeffrey N. GROSSMAN, Meteorite and meteoroid: New comprehensive definitions, *Meteoritics & Planetary Sciences* 45, (2010) páginas 114-122.

P. Brown et al., The flux of small near-Earth objects colliding with the Earth, *Nature* 420, (2002), páginas 294-296.

Asteroid Fast Facts  
[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/asteroids/overview/fastfacts.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/asteroids/overview/fastfacts.html)

Kelly Beatty, Update on Russia's Mega-Meteor, Marzo 6, 2013  
<http://www.skyandtelescope.com/news/195553631.html>

Robert Naeye, Lessons from the Russian Meteor Blast, Febrero 15, 2013  
<http://www.skyandtelescope.com/news/Meteorite-Explodes-Over-Russia-191379871.html>

Geoff Brumfield, Russian meteor largest in a century, *Nature News*, 15 de Febrero del 2013.

M.S. Longair, *High Energy Astrophysics, Volume I*, Cambridge University Press, Second edition 1992.

Near Earth Object Program, details on the large fireball event over Russia on Feb. 15, 2013  
[http://neo.jpl.nasa.gov/news/fireball\\_130301.html](http://neo.jpl.nasa.gov/news/fireball_130301.html)

The composition of meteorites, A.P. Vinogradov, *Pure and Applied Chemistry* 10 (1965), pag 459-494.

Chelyabinsk meteorite: Mystery revealed, Alexander Panov, update March 19th, 2013  
 Russia Beyond the Head Lines,  
[http://rbth.ru/society/2013/03/19/chelyabinsk\\_meteorite\\_mystery\\_revealed\\_24039.html](http://rbth.ru/society/2013/03/19/chelyabinsk_meteorite_mystery_revealed_24039.html)

An estimate of the terrestrial influx of large meteoroids from infrasonic measurements, E. A. Silber et al., *Journal of Geophysical Research* 114 (2009), E08006

# El material "milagroso" hecho a base de sol y agua

# Entérate

BBC Mundo



**E**s ocho veces más resistente que el acero inoxidable, transparente, ligero, conduce la electricidad y algunos aseguran que este material "maravilla", como lo llaman algunos, transformará la agricultura tal y como hoy la conocemos.

Hablamos de la nanocelulosa cristalina, un material que se obtiene a partir de la compresión de fibras vegetales o se cultiva usando microorganismos como las bacterias.

La nanocelulosa cristalina es considerada por algunos como una opción más ecológica y asequible que el publicitado grafeno, y sus aplicaciones incluyen la industria farmacéutica, cosmética, biocombustibles, plásticos y la electrónica.

Según estimaciones del gobierno estadounidense, en 2020 su producción moverá una industria de unos US\$600.000 millones anuales.

## Transformará la agricultura

Hasta hace poco una de las mayores preocupaciones de los adeptos a la nanocelulosa era cómo producirla en grandes cantidades y a un bajo costo, pero científicos creen que por fin han dado con la técnica para cultivar este material de forma abundante usando algas genéticamente modificadas.

El investigador Malcom Brown, profesor de biología de la Universidad de Texas en Austin, Estados Unidos, y uno de los pioneros en el mundo en este campo de investigación, explicó recientemente durante el Primer Simposio internacional de Nanocelulosa, cómo funcionaría el nuevo proceso.

Se trata de un alga de la familia de las mismas bacterias que se usan para producir vinagre, conocidas también como cianobacterias. Unos organismos, que para su desarrollo sólo necesitan luz solar y agua, y que tendrían la ventaja de absorber el exceso de dióxido de carbono en la atmósfera, causante del efecto invernadero.

*"Si podemos completar los últimos pasos, habremos completado una de las mayores transformaciones potenciales de la agricultura jamás llevadas a cabo",* dijo Brown.

*"Tendremos plantas para producir nanocelulosa abundantemente y de forma barata. Puede convertirse en un material para la producción sostenible de biocombustibles y muchos otros productos".*

## Nanocelulosa cristalina

La celulosa en sí es uno de los productos más abundantes del planeta, presente en muchos tipos de fibras vegetales. Pero en escala nano las propiedades de este material cambian por completo.

Como pasa con el grafito, material con el que se producen los nanotubos de grafeno (más resistentes que el diamante), en este caso la fibras nano de la celulosa pueden encadenarse en largas fibras, lo que se conoce

como celulosa "nanocristalina".

El material resultante es tan resistente como el aluminio y puede usarse tanto para confeccionar chalecos de protección ultraligeros, como para pantallas de dispositivos electrónicos e incluso para cultivar órganos humanos.

## Fábrica natural

Aunque actualmente ya existen plantas dedicadas a la producción de nanocelulosa cristalina, los elevados costos de producción todavía frenan el crecimiento de esta industria.

La producción de este material generalmente entraña la compresión de fibra vegetal, o el cultivo de grandes tanques de bacterias, que tienen que ser alimentadas con costosos nutrientes.

Pero ahora las investigaciones de Brown y su equipo, apuntan al uso de este alga azul-verdosa capaz de generar nanocelulosa naturalmente aunque en pequeñas cantidades. Por ello, el equipo plantea modificarla artificialmente, introduciendo genes de la bacteria *Acetobacter xylinum* usada para producir vinagre.

De este modo, el alga podría producir el material en grandes cantidades y sin necesidad de aportar nutriente alguno, más allá de suministrarle agua y exponerla a la luz del sol.

Hasta el momento, observó Brown, el equipo de investigación ha logrado que este alga cree una larga cadena de nanocelulosa, pero ahora trabajan para que el organismo sea capaz de producirla directamente en su estado cristalino, cuando es más estable y fuerte. ■

Fuente:

[http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2013/04/130409\\_te\\_cnelogia\\_nanocelulosa\\_cristalina\\_aa.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2013/04/130409_te_cnelogia_nanocelulosa_cristalina_aa.shtml)

# Bienvenido a un mundo a través del cristal

Tecnología

U.M.S.N.H.

Proyecto  
GLASS

Hugo César Guzmán Rivera



Imagen de [www.fastcodesign.com](http://www.fastcodesign.com)

## ¿Qué es el Proyecto Glass?

El proyecto Glass, es un programa de investigación y desarrollo de la compañía de Google, en donde desarrollan unos lentes de realidad aumentada, pero ¿qué es la realidad aumentada? es el término que se usa para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real con elementos virtuales, es decir, completar lo real con una parte sintética virtual.

## Propósito de Glass

El propósito de Glass es que los usuarios de los Smartphone tengan siempre disponible su información sin utilizar sus manos, permitiéndoles el acceso a internet mediante órdenes de voz. Pero no solo tendrá acceso a internet, estos lentes también contarán con una cámara la cual podrá capturar video con una resolución de 720p, con una memoria de 16 Gb y una batería con autonomía de un día.

Estos lentes utilizarán un sistema operativo Android el cual tiene como propósito controlar los lentes como el navegador GPS y un CPU OMAP 4430, con procesador de doble núcleo ARM Cortex A9 con un rendimiento de 1.2 GHz., también contará con reproductor de audio. Este ofrecerá un sonido más

nítido y claro, eliminando todo tipo de interferencias o ruido ambiental que le impida al usuario entender bien lo que se quiere escuchar, cuenta con Wifi y Bluetooth que será compatible con cualquier dispositivo, estos lentes están contruidos de material resistente, así le permitirán al usuario desde saber el estado del tiempo hasta enviar y recibir mensajes, llamadas y videollamadas, conocer información de lugares y objetos, sacar fotos etc.



Imagenes de [www.google.com/glass](http://www.google.com/glass)



Imagen de [www.google.com/glass](http://www.google.com/glass)

Pero la característica principal o básica es la pantalla, pese a ser pequeña, se tendrá el efecto equivalente al que resulta de mirar una pantalla del tamaño de 25 pulgadas a una distancia de 0.74 centímetros, que solo funcionara con el ojo derecho.

Cabe mencionar que Google ya patentó estos lentes, ya que otras empresas como Sony y Nokia están trabajando sobre sus propios lentes. Pero ¿qué pasa con sus grandes rivales: Microsoft y Apple? estos dos están más enfocados en desarrollar un reloj de realidad aumentada.

¿Pero cómo adquirirlos? En los últimos días hemos visto que Google ha llevado a cabo un concurso para adquirir los lentes en el cual se pide enviar un mensaje en Twitter o Google+ con el hashtag #ifihadglass y explicando en menos de 50 palabras lo que el usuario haría si tuviera los lentes. También es posible incluir hasta cinco fotos o un video de 15 segundos.

Desafortunadamente, el concurso sólo está abierto para adultos en Estados Unidos y aún en caso de ganar, se deberán pagar los \$1,500 dólares que cuesta una unidad de lentes Proyecto Glass.

En los videos promocionales se puede apreciar a los usuarios tomando fotografías, grabando videos, además de checar sus correos electrónicos y compartir sus contenidos por redes sociales. Además podemos ver como los usuarios con un comando de voz controlan los lentes, con un solo "Ok Glass, toma una fotografía".

Se está trabajando para que en un futuro los lentes normales tengan integrada la pantalla.

## ¿Qué problemas pueden tener los "lentes del futuro"?

Pues uno de los problemas sería que la gente se puede distraer al caminar ocasionando accidentes, como choques con algún obstáculo u otras personas e inclusive caerse, en la red existe una gran variedad de videos mostrando parodias de lo que podría pasar al utilizar estos lentes, complicándonos nuestra existencia.

También puede que se llegue a crear una normativa en contra del uso de éstos, ya que podrán grabar audio y videos e incluso tomar fotos en lugares que no es permitido con tan solo un comando de voz o un giño del ojo, hay que tener en cuenta que aquellos que estén alrededor no quieren ser fotografiados y/o grabados y esto pueda ocasionar un problema para el usuario. Lo que sí es seguro que la compañía de Google haga estrategias para evitar posibles demandas por algún tipo de problema derivado del uso de estos lentes.

Pero aún con los pros y contras que existan alrededor de esta tecnología, lo que sí sabemos es que va a revolucionar la industria tecnológica.



Imagen de [pixonario.com](http://pixonario.com)

# La lógica de lo posible

TusQuets editores, colección metatemas, no. 59, 1999

**Dr. Horacio Cano Camacho**



Imagen: <http://www.jacques-basse.net/>

**A** mi no me gusta hacer obituarios, es más, nunca he escrito alguno, por fortuna. Pero hoy me enteré de la muerte de François Jacob, Premio Nobel de Medicina y uno de los más destacados científicos del Siglo XX. Para conmemorar a Jacob –como le decimos quienes le admiramos- les propongo leer una de sus obras, ya todo un clásico en la historia de la Biología.

Jacob murió a la edad de 92 años y podemos asegurar que tuvo una vida muy compleja e interesante. Nació en la Ciudad francesa de Nancy el 17 de junio de 1920. Estudió medicina, más por huir de la educación basada en la represión y el orden militar de entonces que dominaba la formación politécnica que por verdadera vocación. Antes de iniciar su especialidad, la Alemania nazi invadió Francia y Jacob huyó a Inglaterra en donde se alistó en la Fuerzas Francesas de Liberación. Fue trasladado a África y luego fue herido gravemente en Normandía en 1944. Como las heridas le impidieron especializarse en cirugía, se dedicó a estudiar biología, ingresando al Instituto Pasteur en 1950. Por sus servicios en la liberación, fue condecorado con el más alto honor: La Cruz de la Liberación, la Legión de Honor y la Cruz de Guerra.

Jacob conoció a un científico muy prestigiado que trabajaba con la respuesta de las bacterias a los antibióticos y comenzó a trabajar con él: se trata del Dr. André Lwoff. Al poco tiempo conoció también a Jacques Monod otro investigador de lo más interesante. Los tres obtuvieron el Premio Nobel de

Medicina y Fisiología en 1965 por su trabajo en el descubrimiento de los mecanismos de regulación de la expresión genética.

Además de su labor como científico, Jacob se interesó por la filosofía de las ciencias y la historia y escribió mucho acerca de ello. El libro que ahora recomiendo es fruto de este interés: La lógica de lo viviente, una historia de la herencia (TusQuets editores, colección metatemas, no. 59, 1999). La edición original, en francés es de 1970 y pudiera llegar a pensarse que se trata de un libro “viejo”, pero no es así. Su actualidad es contundente. Jacob escribió lo que se ha considerado como una de las obras más extraordinarias de la historia de la biología jamás escrita. Es un recurso muy valioso para aprender filosofía de la ciencia, historia del pensamiento, pero también para aprender a pensar.



François Jacob y Jacques Monod  
Imagen: <http://www.biografiasyvidas.com>



Imagen de [articulos.latimes.com](http://articulos.latimes.com)

No es un libro de hechos y discursos históricos, con fechas, parentescos, y todo eso que nos enseñan malamente que es la historia. Es, en todo caso la historia de las preguntas que posibilitaron el desarrollo de la ciencia. Jacob parte de un hecho muy inquietante: una época se define no tanto por sus conocimientos y desarrollos (inventos) sino por las preguntas que se hacen. En términos simples, los grandes descubrimientos parten de identificar los problemas y derivar las preguntas esenciales. La ciencia se desarrolla en una sociedad que se hace preguntas, que se propone problemas... no en la que sólo se aprenden cosas, datos, fechas.

Jacob nos va descubriendo como la sociedad se va haciendo preguntas, encontrando contradicciones entre las "verdades" vigentes y los problemas y hechos y como de estas contradicciones va cambiando la concepción de la vida y del ser humano. Nos describe con pasión la lucha entre la "revelación divina" y ciencia. El conocimiento sólo progresa a través de la experimentación científica. Un ejemplo, sus treinta páginas de prefacio e introducción deberían ser lecturas obligadas para cada estudiante de secundaria, por que nos haría entender que debemos cultivar las dudas, las preguntas, no las certezas. Celebremos a Jacob, su vida, sus aportes, pero hagámoslo honrando su pensamiento. Hagamos posible su lógica...■



Imagen de [www.latimes.com](http://www.latimes.com)



# CAOS

Juan Carlos Arteaga Velázquez

Imagen de [constelator.blogspot.com](http://constelator.blogspot.com)

Cuando nos viene a la mente la palabra caos pensamos inmediatamente en situaciones complejas, impredecibles, erráticas, aleatorias y con un alto grado de desorden. Sin embargo, en el mundo de la ciencia y las matemáticas, el caos adquiere otro significado. El caos, se designa para describir situaciones cuyo comportamiento carece de cierta regularidad en el tiempo y a la vez es muy sensible a las condiciones iniciales. En otras palabras, bajo un comportamiento caótico, basta pequeños cambios en las condiciones que se tienen al inicio, para que la evolución del fenómeno estudiado y los resultados finales se modifiquen drásticamente.

Para ilustrar un comportamiento caótico, tómese el caso de una pelota rodando cuesta abajo en una ladera larga, inclinada y muy rugosa. Si se le pidiera a una persona que dejara rodar la pelota desde la cima y del mismo lugar, notaríamos que en cada caso la trayectoria descrita por la pelota cuesta abajo sería diferente. Por más que se esmere la persona en dejar caer la pelota desde la misma posición inicial, siempre cometerá un pequeño error, mismo que resultará en una trayectoria distinta en cada ocasión. Quizás, al inicio, el movimiento sea parecido, pero a la larga, las trayectorias se separan cada vez más entre sí, haciendo imposible saber el punto exacto en el que caerá la pelota.

Para fines prácticos, las situaciones que muestran un comportamiento caótico resultan impredecibles a largo plazo, puesto que siempre habrá pequeños

errores en el conocimiento de las condiciones iniciales. Esto muy a pesar de tener a la mano las soluciones a las ecuaciones que gobiernan el comportamiento de la situación bajo estudio. El problema aquí es que las soluciones amplifican rápidamente los errores iniciales, lo que a largo plazo lleva a la predicción de una gran variedad de escenarios futuros, de los cuales es imposible saber cuál es el correcto. A corto plazo, sin embargo, cuando el margen de error de los resultados es aún aceptable, si se pueden realizar algunas predicciones. Esto es lo que sucede, por ejemplo, en el caso de la predicción del clima.

A primera vista, cuando se presenta el caos, el comportamiento de los cuerpos y la situación bajo estudio aparentan ser aleatorios, es decir, parecieran estar a merced de agentes externos cuyo cambio es azaroso y está fuera de nuestro control. Sin embargo, en el comportamiento denominado caótico la influencia de agentes externos no es determinante. El caos, por tanto, no es azar. Posee cierto orden que depende en parte de la complejidad tanto de las fuerzas internas a las que están sometidos los cuerpos u organismos bajo estudio, así como de las fuerzas con las que los cuerpos interactúan entre sí.

Se podría imaginar que el caos se presenta sólo en situaciones muy complejas, donde el número de cuerpos estudiados es demasiado alto. Sin embargo, el caos puede aparecer inclusive en situaciones tan sencillas donde sólo interviene un número reducido de cuerpos.

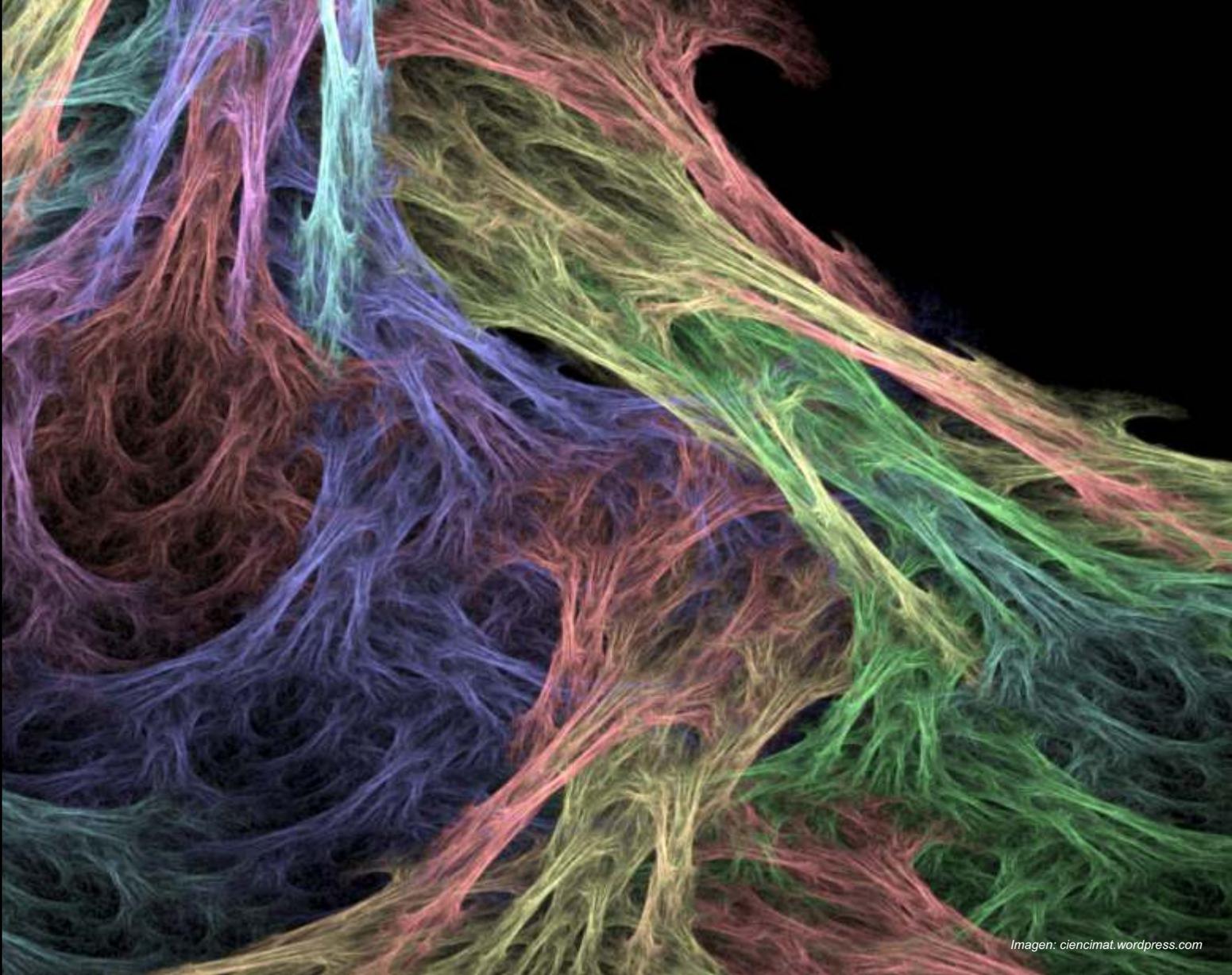


Imagen: [ciencimat.wordpress.com](http://ciencimat.wordpress.com)

La rama de las matemáticas que se encarga del estudio del comportamiento caótico se denomina Teoría del Caos. Gracias a ella se han desarrollado herramientas matemáticas que han permitido identificar las condiciones bajo las cuales se presenta el comportamiento caótico, y no sólo esto, sino también clasificarlo y comprenderlo con mayor detalle. Con lo anterior se ha logrado tener un mejor conocimiento de las situaciones y fenómenos que presentan caos y ganar comprensión de las reglas que se hallan debajo del aparente desorden que se observa durante este comportamiento. Más aún, se ha descubierto que los comportamientos caóticos, en general, muestran ciertos patrones y características comunes entre sí.

Actualmente, la Teoría del caos encuentra una gran variedad de aplicaciones dentro de la física, la química, la biología, la ingeniería, la medicina, la ecología, la computación, y las ciencias sociales, entre otras áreas. Por ejemplo, se emplea en la

investigación del comportamiento de circuitos eléctricos, del cerebro, láseres, crecimiento poblacional, fluidos, clima, oscilaciones mecánicas, sistemas ópticos, células nerviosas, órbitas de cuerpos celestes, el corazón, tráfico vehicular, etc. Incluso, se aplica en el estudio de problemas relacionados con la sociología (como en el comportamiento colectivo de poblaciones), la economía (mercado de valores), las ciencias políticas (evolución de las tendencias en opiniones públicas) y las telecomunicaciones (codificación, diseño de circuitos). El caos está en todas partes, el problema está en reconocerlo. ■

El Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez es investigador del Instituto de Física y Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

# ¿Quién sopla más?

Salvador Jara Guerrero

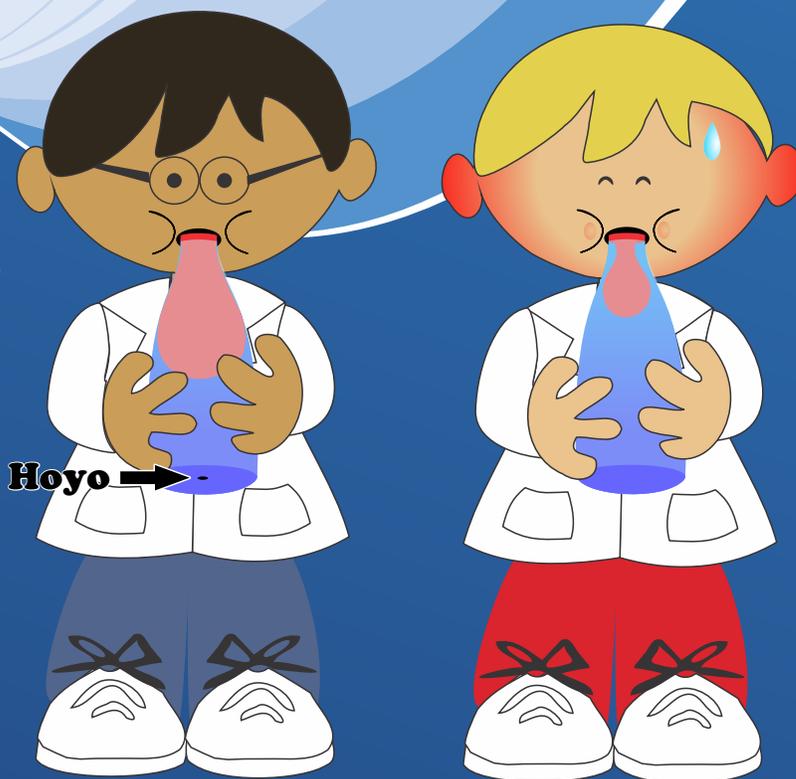
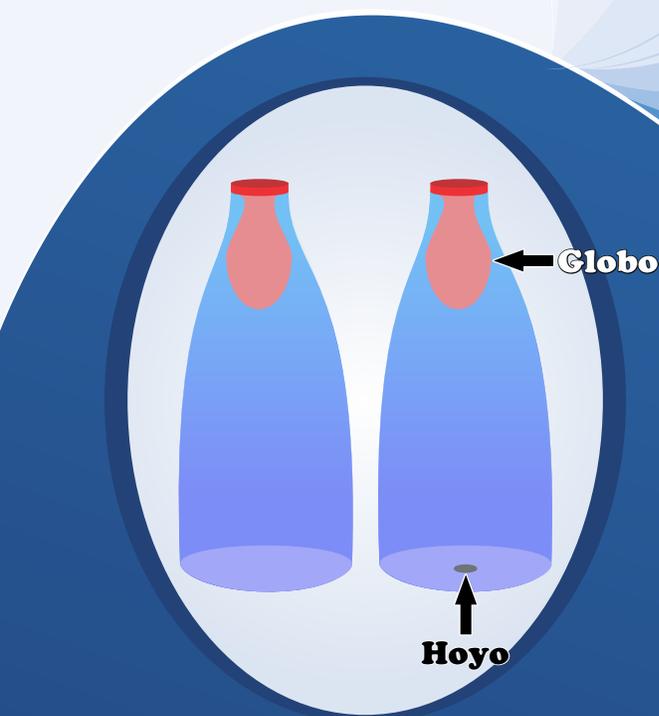
**P**uedes usar este experimento para jugar una buena broma a esos amigos que creen que todo lo pueden.

Necesitas dos botellas de plástico vacías, como las de alcohol, por ejemplo. A una de ellas hazle un hoyo en la parte de abajo (de por lo menos el diámetro de una moneda), pero fíjate bien que al colocarla sobre la base no se note que está agujerada. Ahora coloca ambas botellas juntas sobre una mesa y ponles un globo hacia dentro sujetado de la boca de la botella.

Se trata de hacer un concurso para ver quién puede inflar el globo dentro de la botella más rápidamente.

Elige a quien se sienta más fuerte y pídele que se pare frente a la botella que no esté agujerada. En cambio, pide a algún niño o niña pequeños que se coloquen frente a la otra botella. Al contar tres, ambos deberán tomar su botella con la mano e inflar el globo tan rápido como puedan. Es importante que nuestro amigo no mire el fondo de la otra botella así que puedes pedir a ambos que miren hacia el frente.

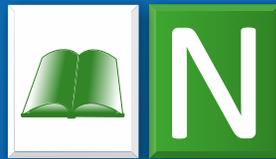
Pues bien, ya te imaginarás lo que ocurre. Como alrededor de los globos dentro de la botella hay aire y como la botella completa no tiene por dónde salir será imposible que el globo se infle (a menos que se rompa la botella). En cambio el otro globo podrá inflarse casi tan fácil como siempre.



¿Quién sopla más?



*Ciencia*



*Nicolaita*

[www.cic.cn.umich.mx](http://www.cic.cn.umich.mx)

“Trabajos que ponen de manifiesto la gran importancia que puede tener la investigación científica”

