

Saber Más

Revista de Divulgación

de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



¡Sin asclepias no hay Monarcas!



Entrevista a José Carlos Rubio Ávalos,
profesor e investigador en la Facultad de Ingeniería Civil UMSNH

Año 5 / Marzo-Abril/ 2016
Morelia, Michoacán, México
U.M.S.N.H.

- ¡Ya viene el huracán!
- La evolución de la medicina personalizada
- De los videojuegos al supercómputo científico
- Enseñando ciencias
- HAWC, observatorio astrofísico de rayos gamma

ISSN 2007-7041



Contenido



24

Entérate

- Moon Express: Viajes a La Luna 5
- Exploración científica del cráter Chicxulub 6
- Estacion de recarga primera en Michoacán 7

Entrevista

- José Carlos Rubio Ávalos 8

Artículos

- ¡Ya viene el huracán! 14
- La evolución de la medicina personalizada 18
- Sin asclepias no hay Monarcas** 24
- De los videojuegos al supercómputo científico 29
- Enseñando ciencias 33
- HAWC, observatorio astrofísico de rayos gamma 38

Tecnología

- Nanovehículos: Fármacos inteligentes 45

Una probada de ciencia

- Las lagartijas no se hacen preguntas 48

Ciencia en pocas palabras

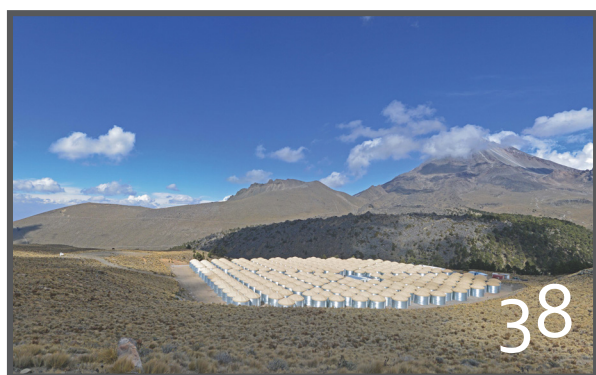
- Albura y Duramen 50

La ciencia en el cine

- El nombre de la rosa 52

Experimenta

55



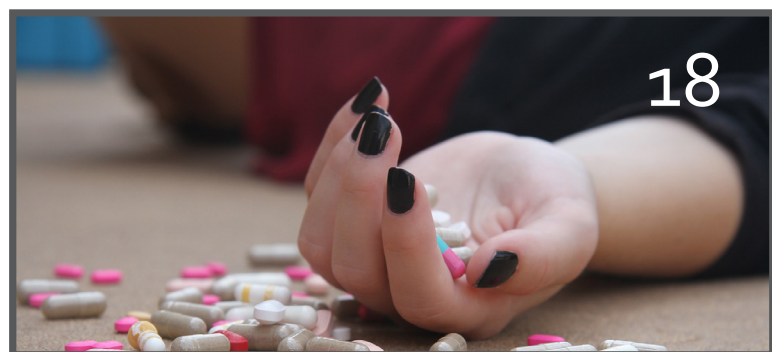
38



14



29



18



33



Rector

Dr. Medardo Serna González

Secretario General

Dr. Salvador García Espinoza

Secretario Académico

Dr. Jaime Espino Valencia

Secretario Administrativo

Dr. Oriel Gómez Mendoza

Secretario de Difusión Cultural

Dr. Orlando Vallejo Figueroa

Secretario Auxiliar

Dr. Héctor Pérez Pintor

Abogada General

Lic. Ana María Teresa Malacara Salgado

Tesorero

C.P. Adolfo Ramos Álvarez

Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Raúl Cárdenas Navarro

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 5, No. 26, Marzo - Abril, es una Publicación bimestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Coordinación de la Investigación Científica, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, www.sabermas.umich.mx, sabermasumich@gmail.com. Editor: Horacio Cano Camacho. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-072913143400-203, ISSN: 2007-7041, 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) 316-7436, fecha de última modificación, 09 de mayo de 2016.

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 del autor.



Director

Dr. Rafael Salgado Garciglia
Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas,
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

Dr. Raúl Cárdenas Navarro
Instituto de Investigaciones Agropecuarias y
Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás
de Hidalgo, Morelia, Michoacán. México.

Dra. Vanessa González Covarrubias
Área de farmacogenómica, Instituto Nacional de
Medicina Genómica, México, D.F.

Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas
Instituto de Física y Matemáticas, 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.

Asistente de Edición

L.C.C. Roberto Carlos Martínez Trujillo
C.P. Hugo César Guzmán Rivera
Fernando Covián Mendoza
M. C. Cederik León De León Acuña

Diseño

L.C.C. Roberto Carlos Martínez Trujillo
C.P. Hugo César Guzmán Rivera
M.D.G. Irena Medina Sapovalova

Correctores

Edén Sarai Barrales Martínez

Administrador de Sitio Web

C.P. Hugo César Guzmán Rivera

Podcast

M. C. Cederik León De León Acuña
Mtro. Luis Wence Aviña
Mtra. Alejandra Zavala Pickett



Hace cinco años, un grupo de profesores de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo iniciamos un proyecto para establecer una plataforma que nos permitiera dar a conocer, a un público no especializado, lo que desde la Universidad hacíamos. Pronto, el concepto se fue haciendo más sofisticado y surgió la idea de crear una revista de divulgación de la ciencia.

Nuestra revista debería cumplir varias condiciones si queríamos trascender varios intentos anteriores que la Universidad había realizado en este sentido. Queríamos una revista escrita por los propios investigadores; que fuera atractiva y entretenida; fácil de manejar por lectores potenciales de varios niveles, desde niños de primaria hasta un público adulto; que tuviera una distribución amplia, que también mostrara el quehacer universitario más allá de la Universidad, entre otras cualidades. ¿Ambicioso? Mucho, seguramente.

Primero deberíamos formar un equipo de escritores en una comunidad muy forjada a hablarles a otros expertos, pero reacia a charlar con no especialistas. Al principio la invitación a colaborar con Saber más reunió a unos poquísimos entusiastas. Pero esto ha ido cambiando, nuestros lectores, que también incluyen a estudiantes de posgrado, técnicos e investigadores, profesores de ciencias todos en diversos niveles, está aportando escritores que vamos aprendiendo juntos y ahora el panorama es muy halagüeño. Nuestra base de colaboradores es muy amplia e incluye a muchos de otras Universidades, incluso otros países.

Los otros aspectos, digamos más técnicos y económicos, fueron resueltos de forma más "natural": la plataforma indicada era Internet. La cualidad, facilidad y capacidad de llegar a muchos al mismo tiempo y de manera casi gratuita es muy evidente. El primer año tuvimos 30, 832 visitantes; para el segundo fueron 103,555; el tercero 134,525; el cuarto 288, 382 y en lo que va del quinto año ya tenemos 359, 841 visitas. Tenemos lectores y comentarios de México, desde luego, pero también de Colombia, España, Perú, Argentina, Ecuador, Chile, Venezuela, entre otros 130 países.

En fin, consideramos que fue acertado aquel propósito inicial y lo fue con creces. Ahora damos un nuevo salto. Esta vez con más certezas. El número 26 de Saber más aparece ya en iOSx, para teléfonos y tabletas. Pronto estaremos también en Android. Este salto implica mejorar la calidad de lo que hacemos, pero también incursionar en otras áreas para aportar nuevos contenidos, como audio, video, animaciones, etc. La idea es aprovechar las posibilidades de esta nueva etapa, incrementando también la calidad de lo que ya tenemos.

Así que aquí estamos. Una nueva etapa para Saber más a la que te estamos invitando nuevamente. Y te convocamos como colaborador y como lector. Esta nueva etapa redobla nuestros esfuerzos en internet, redes sociales y Apps.

Y todo para Saber más... Bienvenidos a nuestra revista, que ya es de todos. En el inicio de las celebraciones de los 100 años de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, es un placer recibirte. En nuestras cápsulas de video estaremos invitándote a aprender y te contaremos por qué.



Entérate

Moon Express: Viajes a La Luna

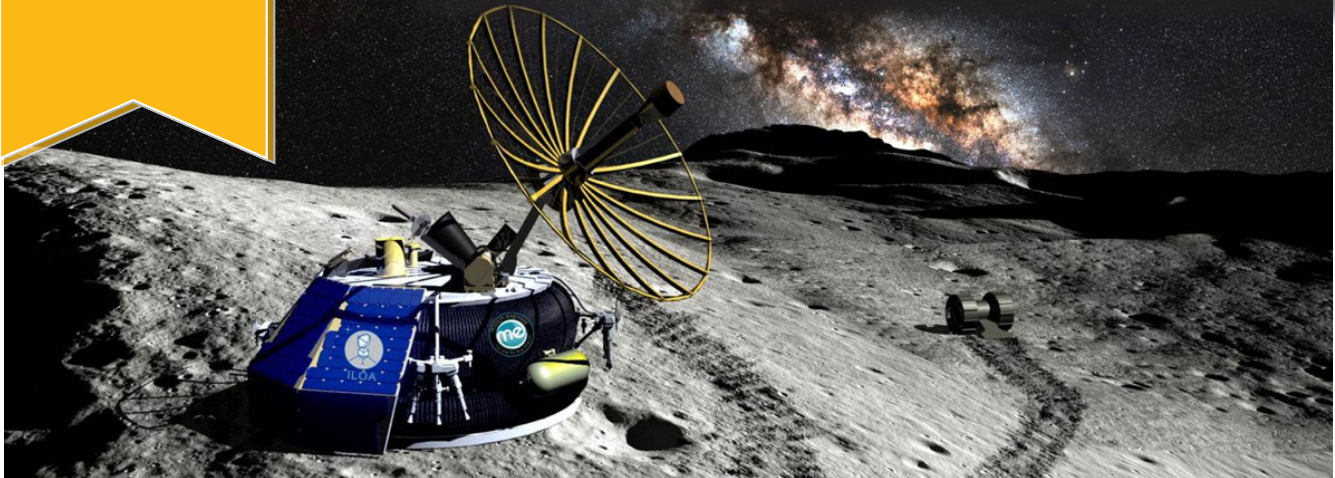


Foto: Moon Express.

Actualmente, varios países como China, Rusia, Japón, Corea, y algunos de la Comunidad Europea y Estados Unidos de América (NASA), proyectan realizar viajes a nuestro satélite natural, la luna, ya sea para establecer bases o iniciar nuevas tareas de investigación. Esto significa que la exploración a la luna está en auge y en los próximos años escucharemos más de "viajes a la luna".

Recientemente, el gobierno de los Estados Unidos autorizó a la empresa Moon Express, con base en Cabo Cañaveral (Florida), para realizar viajes privados a la luna. Los viajes están proyectados a iniciarse a finales del año 2017, primero serán exploratorios con el envío de sondas robóticas, pero a mediano plazo los ciudadanos comunes podrán visitar y además moverse por la superficie lunar.

Para que la Agencia Federal de Aviación de los Estados Unidos haya autorizado estos viajes a la luna, tuvieron que cumplirse normativas legales para la realización de misiones fuera de la órbita terrestre, el marco regulatorio para llevar a cabo este tipo de viajes aún no está aceptado permanentemente. Pero además, y lo más importante, ha sido la revisión técnica del proyecto, para lo que el Consejo de Estado de Estados Unidos y la NASA, debieron supervisar las investigaciones científicas para asegurar viajes que no pongan en peligro la vida de los pasajeros.

La compañía Moon Express fue fundada por el multimillonario Naveen Jain, ganador del concurso 'LunarX-Prize', organizado por Google donde el objetivo era mostrar tecnología para llegar a la Luna, con un premio de 30 millones de dólares.

La sonda de exploración de Moon Express (MX-1E) será lanzada hacia finales de 2017, con lo que la compañía se unirá al selecto grupo que integran Estados Unidos, Rusia y China, pero ahora con recursos privados. El viaje tendrá una duración de 2 semanas que contará con un sistema de transporte, uno de aterrizaje y otro capaz de moverse a saltos por la superficie lunar.

La cápsula de Moon Express estará impulsada por el cohete Electron rocket, que es desarrollado por la startup Rocket Lab y esperan con esto lograr captar la atención para nuevas misiones en el futuro, con la idea de buscar minerales y formas de extraer el agua de nuestro satélite natural.

Otras empresas como SpaceX, Bigelow Aerospace, Boeing y Virgin Galactic han anunciado sus planes de realizar viajes tripulados desde el 2018 y abrir los primeros hoteles espaciales en 2020. **¿Tan pronto serán realidad los viajes de pasajeros a la luna?**

Aunque estos viajes serán solo para millonarios o para desarrollar proyectos exploratorios y de explotación por gobiernos ricos o empresas multimillonarias, es interesante saber sobre la tecnología espacial actual.

Entérate

Foto: : Detlev van Favenswaay / Science.

Exploración científica del cráter Chicxulub

Científicos de la Universidad de México, en colaboración con la Universidad de Austin (EEUU), el Imperial College de Londres y el British Geological Survey, han iniciado la exploración del cráter Chicxulub, el sitio de México donde cayó el meteorito que se cree extinguió a los dinosaurios y al 76% de la vida en el Cretácico.

El cráter de Chicxulub está situado al noroeste de la península de Yucatán, que abarca una porción del litoral y otra en el Golfo de México. Éste fue formado hace 66 millones de años, por la caída de un asteroide de un ancho de aproximadamente 14 kilómetros de diámetro que creó un hoyo en la corteza de la Tierra de 100 km de ancho por 30 km de profundidad, dejando un cráter de cerca de 200 km de ancho y varios kilómetros de profundidad.

El proyecto ECORD, por las siglas en inglés -European Consortium for Ocean Research Drilling- tiene como objetivo explorar por primera vez la parte sumergida en el golfo de México, a una profundidad de hasta 1,500 metros, con un barco similar al utilizado en las plataformas petrolíferas. Este proyecto cuenta con un presupuesto de 10 millones de dólares con una duración prevista de dos meses. En una primera etapa, los investigadores tendrán que perforar 600 metros de sedimentos hasta llegar a la roca. Para alcanzar las rocas del anillo principal del cráter, enormes taladros tendrán que sortear primero la espesa capa de lodo del fondo del Golfo de México.

La perforación, con fines científicos, es una herramienta indispensable y única para la explo-

ración de nuestro planeta y para el entendimiento de gran cantidad de procesos, tanto antropogénicos (causados por el ser humano) como naturales.

El equipo científico está trabajando en el barco "Myrtle", el que dispone de tres patas, con las que se sujeta al fondo marino para evitar ser movido por las olas, y de laboratorios a bordo e instrumental para identificar las muestras tomadas de cada uno de los estratos (capas de la roca).

Los resultados de esta investigación darán información sobre las características del impacto del asteroide y mostrarán evidencias de que tan rápido la vida retornó a la zona impactada. Con las perforaciones de los diferentes estratos se extraerán muestras de rocas que serán analizadas en los laboratorios de la plataforma, realizando primero estudios microbiológicos y posteriormente a nivel molecular, analizando el ADN de microfósiles.

Algunos de sus reportes ya indican que a 750 metros de perforación, un estrato que corresponde a la etapa del Paleógeno, se encontraron algunos microfósiles, próximamente se esperan los resultados más contundentes no solo de las muestras tomadas hasta esta profundidad, sino también de la restante.

A partir de los resultados de esta exploración, este año se iniciará la construcción del Museo del Cráter de Chicxulub, en el Parque Científico de Yucatán, que tendrá como objetivo el divulgar la información obtenida con las diversas investigaciones del proyecto.

Foto: <http://www.prensa.umich.mx>

Estación de recarga: primera en Michoacán

Debido a la excesiva contaminación que sufren las grandes ciudades por la emisión de gases contaminantes, causada mayormente por los vehículos tradicionales, la producción y uso de los vehículos eléctricos ya es una realidad. Con ello surge la necesidad de contar con estaciones de recarga de electricidad para este tipo de autos.

En abril de este año, se inauguró la primera estación de recarga de vehículos eléctricos en el estado de Michoacán, que está ubicada en Ciudad Universitaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), en el exterior de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

Esta estación fue desarrollada por investigadores nicolaitas de la Facultad de Ingeniería Eléctrica con el financiamiento por la Secretaría de Educación Pública, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH desde el 2013 a la fecha, al proyecto "Operación de estaciones de recarga de vehículos eléctricos", dirigido por el D.C. Norberto García Barriga. La empresa automotriz BMW

y de equipo de control de medición eléctrica Schweitzer Engineering Laboratories, donaron parte del equipo necesario para la construcción.

El proyecto ha sido realizado con el fin de contribuir mediante la investigación científica a ampliar el conocimiento en el área de los sistemas eléctricos en potencia, así como en la formación de recursos humanos que cambien los paradigmas y construyan una cultura amigable con el medio ambiente.

Esta estación cuenta con un espacio para dos cajones de estacionamiento, cubiertos por una estructura de acero con techo de panel con una capacidad de 6 kilowatts, una unidad de recarga de 7.2 kilowatts instalada por la agencia BMW, con capacidad para cargar dos vehículos eléctricos simultáneamente, así como un sistema de medición para monitorear las variables eléctricas de la estación.

Esta estación es la primera en su tipo en el estado de Michoacán, ya que funciona con energía solar, y puede dar servicio a dos autos a la vez, los cuales quedan totalmente cargados en cuatro horas, para hacer un recorrido de 50 kilómetros.

Entrevista

"Considero que la divulgación científica es fundamental para que la comunidad en general sepa qué hace un investigador y cuál es el impacto de su trabajo."

José Carlos Rubio Ávalos

Foto: Roberto Carlos Martínez Trujillo

Por Roberto Carlos Martínez Trujillo y
Fernando Covián Mendoza

Científico michoacano, con estudios de Ingeniería Civil (1998) y de Maestría en Metalurgia y Ciencia de Materiales (2000) en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH); obtuvo su Especialidad en Materiales en Japón (1999) y realizó sus estudios de Doctorado en Ciencias en el área de Materiales en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados en el IPN (2004), donde también tuvo una estancia postdoctoral.

Desde el año 2005 es profesor e Investigador Titular de la Facultad de Ingeniería Civil de la UMSNH, es docente de los programas de licenciatura y posgrado de esta facultad; diez de sus estudiantes han recibido mención honorífica y en un caso el premio estatal en proyectos de investigación.

Ha escrito ochenta artículos en revistas científicas, impartido más de cien conferencias y es coautor en tres capítulos de libros. Es miembro

del Sistema Nacional de Investigadores nivel I, y ha sido evaluador de más de trescientos proyectos de innovación tecnológica en los programas de la Secretaría de Economía y del CONACYT.

Es inventor mexicano en innovación de energía, generando diversas patentes otorgadas a la Universidad Michoacana, una sobre Geopolímeros fotoluminiscentes (materiales emisores de luz), que ha sido considerada como una innovación disruptiva, y la otra, sobre Geopolímeros antibacteriales, que busca disminuir la propagación de enfermedades en los nosocomios.

En 2015, fue reconocido por la Real Academia de Ingeniería de Londres como uno de los mejores líderes en Innovación de México en ese año, y en 2016 ha sido propuesto por la Universidad Michoacana, como candidato al Premio Nacional de Ciencias, en el campo de tecnología, innovación y diseño, por su trayectoria profesional.

¿Qué lo llevó a decidirse a estudiar Ingeniería Civil y hacerlo en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo?

Desde niño me interesó la electrónica (también soy técnico en electrónica). Iba a estudiar Ingeniería Electrónica, pero luego decidí un cambio a Ingeniería Civil. Lo decidí porque mi hermano mayor es ingeniero civil y cuando me llevó a las construcciones, quedé impresionado con las magnitudes de las estructuras y las implicaciones de la obra civil. Tenía mis dudas, porque me gustaba todo lo que tiene dinámica. Finalmente, me gustó mucho la carrera. Y la hice en la Universidad Michoacana, porque en ella hay el mayor número de investigadores en el área.

¿Al conseguir su título de Ingeniero Civil, cuál fue su experiencia, qué lo introdujo al mundo de la ciencia, en particular al área de los materiales?

Cuando estaba terminando mi licenciatura y no sabía con claridad qué posgrado estudiar, me encontré con un volante del Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, en que se invitaba a los jóvenes de quinto grado a realizar en sus instalaciones una especialidad de medio tiempo en el área de Materiales. Y como me gusta explorar nuevas áreas, me acerqué y fui bien recibido. Lo decidí, porque esta especialidad tiene implicaciones en química, en física, en biología y más. Y fue un poco más de lo que yo estaba buscando en mi vida.

¿Investigar e innovar con materiales para energía, es esto su principal objetivo? ¿Por qué y cómo se interesó en ello?

Desde que inicié mi maestría en el área de ma-

teriales empecé a estudiar los materiales avanzados. Todo esto, lo enfoqué primero, como buen ingeniero civil, a las partes estructural y de cargas, para generar mejores obras civiles. Finalmente, en el doctorado, estuve en contacto con físicos, ellos se enfocaban mucho en la parte de energía.

En México y en los países latinoamericanos emergentes, carecemos de estudios y de materiales con energía eficiente. Esto es un nicho de oportunidad, y me dije: Bueno, sabes que de las áreas estratégicas de la industria de la construcción, la de las obras civiles es la que requiere más de optimizarse, como la energía en edificios y de viviendas, además de estudiar como conservarla y saber su funcionamiento, entre otras cosas.

Usted tiene amplia experiencia en el registro de patentes, ¿Cómo se orienta una investigación hacia el desarrollo de una patente?

De joven, tenía la idea de inventar algo que la gente pudiera utilizar. Ya como investigador, me di cuenta de que los investigadores debemos de enfocar nuestros análisis a partir de necesidades sociales o del mercado, y de mi parte, que necesitaba estudiar más sobre las áreas de innovación tecnológica, proyectos de inversión y, finalmente, protección intelectual.

Para desarrollar una investigación hacia su patente, los investigadores hacemos un estudio previo del "arte" (estado de la técnica de propiedad intelectual), para saber que antecedentes hay. A partir de ahí, empezamos a desarrollar la investigación, cuyos resultados se publican generalmente.





Foto: Roberto Carlos Martínez Trujillo

En el caso de la innovación, es al revés: Previo al estudio de antecedentes, vamos a detectar las necesidades en el mercado (se le llama vigilancia tecnológica), que conlleva un monitoreo de las empresas que están trabajando en nuestra área, para empezar a ver cómo va a impactar en el medio la innovación que obtengamos. Si ya existe algo en el medio, seguramente habrá competencia. Ahora que si es original, vamos a tener muchas posibilidades de impacto tecnológico y comercial.

Una vez realizada la vigilancia tecnológica, lo siguiente es revisar el estado de la técnica. Es muy importante hacerlo: el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) determina el Estado de la Técnica como investigar todas las patentes, tanto las de tecnologías de libre uso, como las registradas, que son propiedad específica de una empresa o varias empresas. Sigue el realizar un análisis económico: ¿Un producto, cuánto dinero me va a costar lograrlo por una ruta científica definida? No hacerlo al revés, porque eso nos va a generar problemas, si es que se quiere escalar industrialmente.

Una vez hecho el análisis de las viabilidades de escalamiento industrial: propiedad intelectual

y vigilancia tecnológica, y de saber que hay mercado libre, que tenemos potencial y que vamos a satisfacer una necesidad en específico, entonces ahora sí: nos metemos de lleno a desarrollar esa tecnología.

Avanzamos como se hace con un proyecto de investigación, lo concluimos y lo primero es el registro de propiedad intelectual (sea patente, secreto industrial, marca, modelo de utilidad u otra modalidad), antes de publicar nuestros resultados. Ya con el registro de propiedad intelectual, hay que ver la forma de lanzar al mercado nuestra innovación tecnológica.

¿Cuáles son las patentes que ha registrado?

Tengo dos patentes ahora, otorgadas por el IMPI: Una, geopolímeros fotoluminocentes; y la otra, geopolímeros antibacteriales. En la primera tuve colaboradores de la Universidad Michoacana, los investigadores Wilfrido Martínez Molina, Mercedes Alonso Guzmán y Fernando Velasco Ávalos.

En la patente de geopolímeros antibacteriales colaboré con un investigador del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Uni-

dad Querétaro, quien apoyó en algunas partes, es coinventor, y ambos cedimos los derechos a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Todos los investigadores de ambas patentes, cedimos los derechos a nuestra Universidad, es la titular de esas dos tecnologías.

¿Cómo explicaría al público en general, qué son los geopolímeros antibacteriales?

Los geopolímeros son resinas inorgánicas, son materiales que se elaboran a partir de arenas... Precisamente, cuando uno camina por la playa, encuentra ciertas aglomeraciones de muy baja resistencia que se pueden disolver con los dedos. Eso sucede porque hay una reacción entre una solución básica y una solución ácida que genera una reacción ácido-base. Entonces, con la mezcla de esta arena (arcilla o tierra común) en una disolución de hidróxidos alcalinos, hidróxidos de sodio y de hidróxidos de potasio, se forma un geopolímero.

Si al geopolímero lo vemos al microscopio, encontramos que está poroso y si vemos más allá, encontraremos que sus poros son como jaulas en donde se pueden meter pajaritos. A estas jaulas (geles), nosotros le pusimos un agente biocida (bactericida) que quedó embebido, ya no puede salir, está encapsulado, está atrapado. Además es hidrofílico, quiere decir que cualquier ser vivo que contenga agua, si se pone en la superficie, se va a adherir a ella, se queda pegado. Y, por otro lado, está el agente biocida. Así, cuando existe una difusión entre los dos medios, el geopolímero elimina las bacterias con una eficiencia muy alta.

Además permiten al medio generar la eliminación de agentes patógenos, de bacterias.... Otra ventaja es que como está hecho de tierra y con álcalis, entonces es muy fácil de elaborar, también muy fácil de aplicar

y manejar; tiene un costo muy bajo y no daña el medio ambiente ni al ser humano. También presenta durabilidad, no se degrada y se puede reciclar sin problema alguno, eso es prácticamente lo que son los geopolímeros antibacteriales.

Sabemos que, por su trayectoria en las ciencias de los materiales, usted fue reconocido por la Real Academia de Ingeniería de Londres como uno de los mejores líderes en Innovación de México en el año 2015 ¿Qué nos puede decir de su sentir ante esa distinción?

Es una satisfacción profesional y personal muy grande, y también es un orgullo por ser yo nicolaita. Ambas cosas, por lo siguiente: El desarrollo de las dos tecnologías, y su registro como patentes, ha tenido un gran impacto internacional por ser disruptivas (una tecnología disruptiva es aquella que sea totalmente nueva en el mundo). Esto se valora más, por su beneficio social, productivo y comercial.

De la Real Academia de Ingeniería de Londres, junto con la Universidad de Oxford, además de que fue una experiencia agradable, conocí más sobre innovación y acerca de transferencia y comercialización de tecnología. Sigo en contacto con investigadores de allá, nos retoolimentamos y estamos tratando de desarrollar y transferir tecnologías. ¿Qué es más satisfactorio para un investigador? Tener impacto a



Foto: ignacionmartinez.com.mx

nivel internacional y que investigadores de diferentes partes del mundo estén comunicándose directamente con investigadores de nuestra universidad.

Recientemente, de nuevo fue reconocido por su aportación científica en innovación tecnológica, ¿Quién y por qué se le otorgó este premio?

Fue la presea José Tocavén Lavín. El periódico La Voz de Michoacán entrega anualmente este reconocimiento al mérito a personas de diferentes áreas: social, cultural, empresarial... En mi caso –me comentaron-, en función de mi trayectoria como investigador en innovación y del impacto que el logro de estas tecnologías ha tenido a través del mundo. Como investigador nicolaita, ha sido para mí muy satisfactorio.

¿Qué puede decirles a los jóvenes que estudian carreras afines para interesarlos en ingresar a nuestros programas de posgrado?

Que sepan y estén conscientes de las necesidades de México y el mundo. En el 2030, como adultos van a tener que generar un ingreso económico para sus familias. Para entonces, se prevé un crecimiento de la población de 9 billones de seres humanos o más, por lo que conllevará requerir más alimentos, más agua, y más energía para sobrevivir y salir adelante. Entonces, les sugiero a los jóvenes que estudien una carrera, la que cada uno quiera, y se enfoquen hacia las necesidades sociales. Si un estudiante joven



Foto: Roberto Carlos Martínez Trujillo

empieza a investigar una necesidad específica, tenga la seguridad de que va a tener muchísimo éxito e impacto internacional, porque el mundo requiere soluciones. No va a ser fácil, vamos a carecer de alimentos, agua y energía; es un hecho.

¿Cuál es su opinión del papel de los investigadores, sobre todo los de su área, como divulgadores de la ciencia? ¿Qué opina del quehacer de los medios de divulgación científica, como es el caso de nuestra revista Saber más?

Los investigadores, cualquiera que tenga un conocimiento específico, deberán transmitirlo. Los científicos adquirimos conocimiento a través de profesores en instituciones públicas o privadas y debemos hacerlo público.

Considero que la divulgación científica es fundamental para que la comunidad en general sepa qué hace un investigador y cuál es el impacto de su trabajo. Es importante transmitirlo también para generar más científicos, tecnólogos, ingenieros y profesionistas que nos permitan a todos en nuestro país también crecer y desarrollarnos en ciencia y tecnología. En cuanto a la revista Saber más, los felicito, es una labor muy loable.

Para Saber más de usted, además de dedicarse a la investigación científica e innovación tecnológica ¿tiene algún pasatiempo o interés

particular en alguna actividad de esparcimiento?

Dicen que una mente despejada, es una mente creativa, si uno se sobreesatura no va a llegar a nada. Yo estoy consciente de los tiempos, espero jubilarme en tiempo y forma; por el momento ya estoy planeando... Una de las actividades que yo amo es viajar, simplemente viajar, conocer lugares. Me gusta viajar al interior de Michoacán. conocer nuestra cultura. Me fascina la costa, sus playas...

(Por cierto), además de la energía, estoy en una línea que se llama ingeniería biomimética. Consiste en el diseño de nuevas tecnologías a partir del estudio de la naturaleza, por ejemplo: una conchita de mar...

¡Hay tanta tecnología y ciencia en su interior... que se disfruta!

"Si un estudiante joven empieza a investigar una necesidad específica, tenga la seguridad de que va a tener muchísimo éxito e impacto internacional, porque el mundo requiere soluciones."

Entonces, en este momento estoy disfrutando todo lo que la naturaleza provee: el universo, las cuestiones de astronomía me encantan, igual que las de la biología; en ambos temas soy un principiante, pero me fascinan. En cuanto me jubile, espero retirarme, irme de la ciudad de Morelia, dejar la Universidad a los nuevos científicos para que hagan sus actividades y, precisamente, disfrutar de mi playa. Ese es mi sueño.

Me gustaría agregar una exhortación. Hay muchas posibilidades en la ciencia y la tecnología. En esto, somos pocos y requerimos más gente que ame y disfrute lo que hace, creativa y desarrolladora, para contribuir con eso. Gracias.



Foto: Roberto Carlos Martínez Trujillo



¡Ya viene el huracán!

Por Ek del Val de Gortari*

El ser humano siempre ha vivido sorteando y aprovechando los embates de la naturaleza, de otra forma no seguiríamos en este planeta. De manera empírica, por medio de ensayo y error hemos aprendido cómo sobrevivir ante los cambios en el clima y los fenómenos naturales, y este conocimiento se ha transmitido de generación en generación.

Así las comunidades de la costa saben que cuando se retira el mar deben subirse a los cerros porque es probable que venga un tsunami e inunde las zonas bajas cercanas a la costa y la gente que cultiva la tierra sabe, que es mejor diversificar las plantas sembradas para que si llegan plagas numerosas no acaben con toda la cosecha.

De tal manera que dependiendo de la región en donde vivimos, la gente ha aprendido a vivir con los eventos extremos que no suceden frecuentemente. Sin embargo, en épocas recientes han ocurrido tres fenómenos importantes que han cambiado esta relación entre la sociedad y la naturaleza.

Por un lado la tasa acelerada de crecimiento poblacional ha implicado que las concentraciones humanas sean cada vez mayores y que por lo tanto la gente apiñada en los centros urbanos, comience a vivir en zonas poco aptas para el desarrollo de pueblos y ciudades, como los cauces de los ríos o en las faldas de montañas deforestadas.

*Ek del Val de Gortari es profesora e investigadora del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sus-

tentabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia.

Además, dado el movimiento de la gente alrededor del globo terráqueo, mucho del conocimiento tradicional sobre el comportamiento del clima y la naturaleza, en cada lugar se ha perdido; la gente ya no reacciona de la misma manera ante las señales de la naturaleza como antaño porque no las reconocen, y por ejemplo se asientan muy cerca de la línea de costa pensando que el agua no llegará hasta ahí porque no lo ha hecho en épocas recientes.

Por último, las actividades antropogénicas están influyendo fuertemente en el clima planetario. La utilización de combustibles fósiles y el cambio de uso de suelo han implicado la emisión de cantidades gigantescas de bióxido de carbono a la atmósfera, lo cual incide directamente sobre el calentamiento de la atmósfera.

El calentamiento global y los súper huracanes

Hasta aquí es una historia bastante repetida y conocida, sin embargo, este calentamiento global además está influyendo en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos. En particular la magnitud de los huracanes está relacionada con la temperatura superficial del océano, entre mayor es la temperatura más energía acumula un huracán y por lo tanto se presenta con una mayor fuerza y causa mayores percances en tierra. De tal manera que las temperaturas extremas que se han registrado recientemente, están íntimamente relacionadas con la aparición de huracanes sin precedentes, particularmente en la costa del Pacífico mexicano. De hecho Knutson y colaboradores (2015) en una investigación reciente predicen que para la costa de Jalisco la frecuencia de huracanes de categorías altas (4 y 5) será mucho mayor.

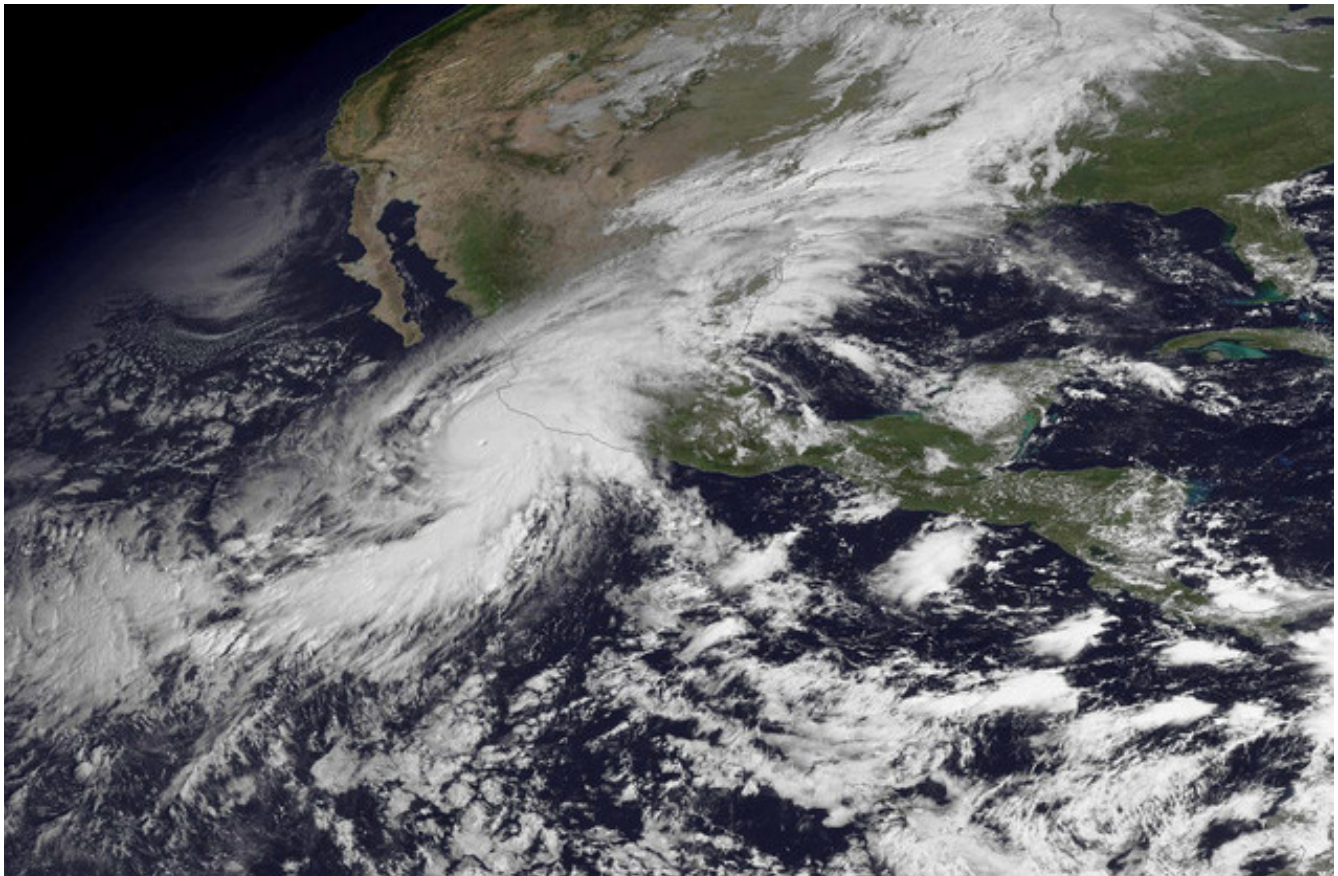




Foto: Katherine Renton

Huracanes en el Pacífico mexicano

Las costas del Pacífico de México son mundialmente conocidas por sus playas de arena dorada, mar azul intenso y por su comida deliciosa. Cada año durante el verano, también son famosas por la incidencia de fenómenos climáticos extremos, que van desde depresiones tropicales que traen consigo mucha lluvia hasta huracanes devastadores que arrasan con poblaciones enteras.

En los último 5 años se han registrado 2 huracanes de gran magnitud en una región acotada de la Costa de Jalisco, primero Jova de categoría 3 en 2011 y más recientemente Patricia de categoría 5 (la más alta en la escala de Saffir-Simpson). El 23 de octubre del año pasado (2015) impactó el huracán más poderoso registrado para la zona, el huracán Patricia. Dicho huracán trajo consigo

vientos fuertísimos de hasta 270 km/h por lo que dejó estragos en la región de Chamela en Jalisco. Dado que el huracán Patricia impactó una zona con baja densidad poblacional y pronto se topó con la sierra Madre Occidental que lo llevó a perder fuerza rápidamente, no se registraron decesos humanos, pero muchos poblados quedaron sin techos y la vegetación quedó muy afectada.

¿Cómo sobrevive la vegetación a estos eventos climáticos extremos?

La vegetación característica del Pacífico mexicano corresponde a bosques tropicales caducifolios, bosques que permanecen verdes y frondosos durante la época de lluvias y que pierden el follaje en la época seca. Las especies de plantas que viven en estos bosques se caracterizan por tener gran capacidad de rebrote, es decir que si pierden una rama pueden renovarla en la siguiente temporada de lluvias.

Esta característica se ha relacionado con la capacidad de recuperarse tras una perturbación como la ocasionada por los huracanes, de tal manera que, aunque los vientos huracanados arranquen parte de la copa de los árboles estos sobreviven, de hecho, tan solo un par de semanas después del paso del huracán Patricia por la costa de Jalisco, la vegetación presentaba muchos árboles tirados, pero se veía verde nuevamente.

Sin embargo, la capacidad de rebrote no es infinita, las plantas utilizan los recursos almacenados previamente para producir los nuevos tejidos, pero si la perturbación es recurrente, es decir si cada año hay uno o más de un huracán fuerte, las plantas pueden agotar sus reservas y ya no ser capaces de compensar.

De tal manera que a pesar de que la vegetación de la costa está adaptada a resistir los embates de los huracanes, si la frecuencia aumenta como está predicho, es probable que no todas las especies que viven en esos bosques puedan sobrevivir y que la maravillosa diversidad que existía en la costa, se vea reducida a las especies con mayor capacidad de rebrote. Así, las consecuencias del modo de vida



Foto: Ek del Val de Gortaria

humano contemporáneo se hacen evidentes en el cambio de los patrones de incidencia de huracanes y el efecto de éstos sobre las poblaciones de la costa y de la vegetación natural no son muy alentadores.

Artículos

La Evolución de la Medicina Personalizada

Vanessa González Covarrubias*

La frase "Medicina Personalizada" también conocida como Medicina Genómica, implica el uso de la información de nuestros genomas y sus derivados (ARN, proteínas y metabolitos) para guiar decisiones médicas. En el hospital o consultorios, lo que el médico busca es adaptar las prácticas comunes a prácticas específicas de acuerdo a información genómica del paciente. En un concepto más inclusivo, la Medicina Personalizada busca ser Preventiva, Personalizada, Predictiva y Participativa, con esto en mente y con la ayuda de información y herramientas tecnológicas, el médico individualizará el cuidado de cada uno de sus pacientes.

Las pruebas genéticas en la medicina no son nuevas, hacia principios del siglo XX Reuben Ottenberg reportaba las primeras pruebas de compatibilidad sanguínea para transfusiones

"Es más importante saber qué persona tiene la enfermedad que, qué enfermedad tiene la persona". Hipócrates

de sangre, desde los setentas se realizan estudios de cromosomas o arreglos de ADN para predecir malformaciones genéticas como defectos del desarrollo y síndrome de Down en mujeres embarazadas. La primera versión del genoma humano se completó en el 2003, utilizando ADN de Francis Crick y Craig Venter. Habiendo costado un dólar por base o letra de ADN, la cadena de 3000 millones de bases es secuenciada decenas de veces al día en decenas de países de forma simultánea y por un precio de 5 mil dólares.

La contienda por descifrar, comprender e interpretar todo lo que dicen los 3 mil millones de letras no ha cesado desde principios de este siglo. Esta labor es especialmente relevante en la medicina, pues al conocer los detalles escritos en cada lugar de nuestro ADN es posible determinar riesgo a enfermedades, prevenirlas, seleccio-

* *Vanessa González Covarrubias, es investigadora del Instituto Nacional de Medicina Genómica, en el área de farmacogenómica en la Ciudad de México.*

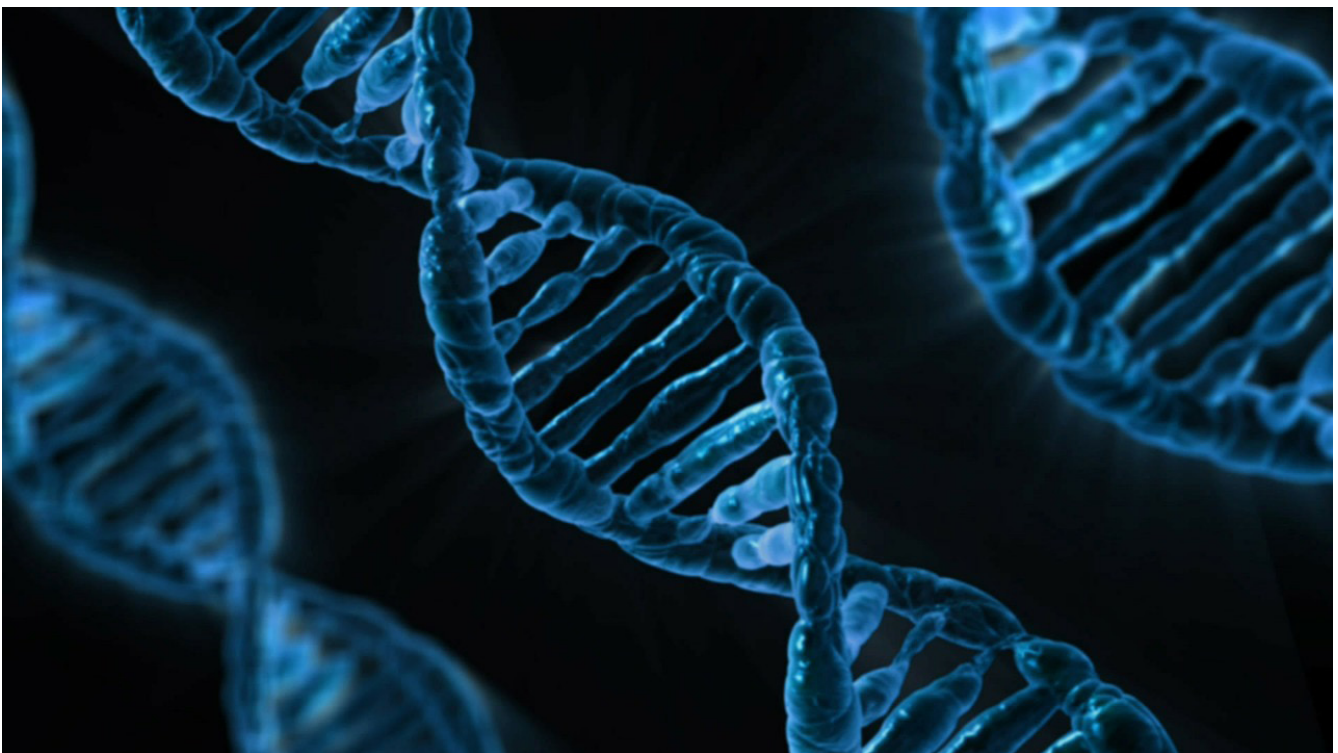
nar mejores medicamentos y dosis apropiadas a nuestra condición y complejión. La medicina genómica comienza a influenciar de manera positiva cada campo de la salud. Pero si ya conocemos éstas tres mil millones de variantes en más de 1000 genomas alrededor del mundo ¿Por qué no se ha acelerado su aplicación clínica? Entre las dificultades más grandes para su implementación está el almacenamiento de tanta información por paciente, su análisis, interpretación e incorporación al expediente clínico para que esté accesible para los profesionales de la salud.

La información en la secuencia de ADN es una herramienta que puede encontrar soluciones a enfermedades raras, a realizar un diagnóstico efectivo o a diseñar una mejor terapia o mezclar medicamentos para contrarrestar un cáncer muy agresivo. Y aunque cada día hay más adeptos a los beneficios de salud que puede brindar la genómica también, diariamente observamos las barreras para su establecimiento, mismas que el gobierno de los Estados Unidos de América (EUA) intenta erradicar a través de una iniciativa de más de 200 millones de dólares enfocada al reclutamiento de voluntarios a quienes se les investigará el genoma, al instituto nacional del

cáncer, a la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA, por sus siglas en inglés) para el desarrollo de bases de datos genómicos asociados a la prescripción de medicamentos y al desarrollo de plataformas que aseguren la privacidad de la información del paciente.

Enfermedades raras o huérfanas: Síndrome de Larsen que afecta las articulaciones con dislocaciones sin motivo aparente, el paciente (1 de cada cien mil) presenta baja estatura, falanges cortas y huesos adicionales en las muñecas y tobillos. Y aunque se ha definido al gen *FLNB* como relacionado con la enfermedad hay otros casos en los que otros genes como el *CHST3* parecen ser los responsables. A través del análisis genético es posible identificar las mutaciones en el ADN que dan origen a esta patología y algunas veces, con suerte, encaminar a un tratamiento que en este caso requiere de la coordinación de distintos especialistas incluyendo genetistas.

Hay que reconocer que ya existen ejemplos en los que la medicina genómica está teniendo éxito. Por ejemplo, la leucemia mieloide crónica (LMC) puede atacársele de forma eficaz con un medicamento (imatinib) que bloquea el produc-



to de la mutación que origina este cáncer, el cromosoma Philadelphia, lo cual ocurre en el 90% de los casos de esta enfermedad (www.gleevec.com).

Otros ejemplos interesantes también en el tratamiento contra el cáncer son el uso de los medicamentos tamoxifen y herceptina ambos para el cáncer de mama. El primero es en realidad un profármaco, es decir debe activarse dentro del cuerpo para ser efectivo, ¿quién lo activa? La enzima CYP2D6, desafortunadamente no todos tenemos esa enzima o hay quienes la tienen muy activa. En caso de que la enzima no exista, el medicamento no podrá ser activado y por ende el tratamiento no tendrá eficacia alguna.

Por otro lado, los tumores de cáncer de mama crecen en respuesta a distintas señales como hormonas, que entran a la célula a través de receptores. Estos tumores pueden tener receptores para estrógenos, progesterona y herceptina, si tienen muchos receptores para alguna hormona en particular podemos confundir a la célula dándole un medicamento específico que bloquee la señal hormonal, así funciona la herceptina (trastuzumab). Si un paciente tiene exceso de receptores HER2 es candidato para recibir este medicamento, pero es necesario realizar una prueba para saber qué receptores tiene cada paciente. Así, se ha dado origen al desarrollo en paralelo de medicamentos y pruebas genéticas para identificar la terapia adecuada para el paciente adecuado.

Medicamentos "Personalizados" --- Farmacogenómica

Hay pruebas genéticas que pretenden disminuir los efectos adversos de ciertos medicamentos como el irinotecán, fármaco muy usado contra el cáncer colorrectal. A pesar de su efectividad, el irinotecán tiene reacciones adversas letales incluyendo mielosupresión, neutropenia y deshidratación por diarrea. El marcador genético, UGT1A1*28 predice el riesgo del paciente a padecer toxicidad, con esta información el médico puede cambiar la dosis o elegir otro medicamento. Es interesante resaltar que pacientes en

diferentes partes del mundo tienen susceptibilidades distintas a toxicidad por irinotecán, observamos toxicidad en 10% de pacientes asiáticos, 26% en pacientes de origen caucásico y hasta 50% en africanos.

Otro ejemplo interesante es el síndrome de Stevens-Johnson (SJS), que pone al paciente al borde de la vida y la muerte cuando se les



prescriben medicamentos como abacavir, carbamacepina, fenitoína, alopurinol entre otros ¿Por qué? Es una reacción exagerada del sistema inmune en contra de estos medicamentos, los síntomas, fiebre, prurito, hinchazón de ojos, hemólisis, úlceras en boca y garganta y hasta necrosis de la piel pueden llevar a la muerte fácilmente. La combinación mortal fármaco-gen puede ser prevenida, variantes bien conocidas

en el gen *HLA* (parte del complejo mayor de histocompatibilidad) dan origen a al SJS.

¿Qué se hace al respecto?

En EUA, la FDA tiene marcados estos medicamentos con mensajes de advertencia, la caja indica al paciente, que su médico debe pedir ciertas pruebas genéticas para determinar el riesgo de reacciones adversas. En el sureste de Asia donde genéticamente están predispuestos



a estas variantes genéticas y donde el expediente electrónico no está disponible, al paciente se le "cuelga" una tarjeta rosa con información farmacogenética que deben presentar al médico siempre.

La medicina genómica no solo es útil para pacientes con enfermedades graves o crónicas, hoy en día existen pruebas genéticas para deter-

minar anomalías genéticas en fetos directamente en mujeres embarazadas, es decir se toma una muestra de sangre de la madre, el ADN del bebé que desprende la placenta es capturado y secuenciado para informarnos sobre posibles trisomías cromosómicas, malformaciones o problemas de desarrollo.

Otro ejemplo de los amplios beneficios de la medicina personalizada es el caso de la gastritis y el reflujo gastroesofágico conocido como ERGE y que afecta entre el 10 y el 20% de la población (<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199317366013>). Este tipo de reflujo se trata con omeprazol o sus derivados (lansoprazol, esomeprazol, pantoprazol). Estos medicamentos disminuyen la acidez del estómago lo cual tiene doble utilidad, por un lado alivia directamente la gastritis, y por otro estabiliza el pH para que medicamentos como algunas penicilinas y tetraciclinas usadas contra *Helicobacter pylori*, microorganismo se cree está asociado a ciertos tipos de reflujo gastroesofágico, puedan actuar de forma idónea. ¿Cómo beneficia la farmacogenómica al paciente con reflujo o gastritis? El omeprazol es eliminado del cuerpo debido a una enzima que se llama CYP2C19. Dada la variabilidad genética, existen personas con CYP2C19 muy activa y otras con versiones de esta proteína con muy baja actividad. Es posible saber a través de pruebas genéticas simples, quiénes tienen una proteína activa y quiénes no. Aquellos que tengan una proteína sumamente activa eliminarán el omeprazol tan rápido que no le darán oportunidad de ejercer su efecto y la ERGE o la erradicación de *H. pylori* no será exitosa.

Existe una lista con 166 medicamentos cuya eficacia o toxicidad depende de ciertos genes y sus variantes. La FDA en EUA aprobó el año pasado 41 nuevos medicamentos de los cuales unos nueve requieren de una prueba genética para ser adecuadamente prescritos. Como vemos, la medicina personalizada ya alcanzó el desarrollo de nuevos medicamentos, para que desde un inicio éstos sean diseñados con la conformación genética del paciente en consideración.

Un ejemplo de la aplicación de la farmacogenómica en medicamentos cuya prescripción se apoya con pruebas genéticas es el de la warfarina, un anticoagulante ampliamente utilizado para contrarrestar diversos problemas cardiovasculares, pero que es tóxico a concentraciones bajas. La dosis de warfarina debe ajustarse según las variantes genéticas de los genes *CYP2C9*, *VKORC1* y *CYP4F2* entre otros. Existen ya "calculadoras de dosis" disponibles en Internet que toman en cuenta estas variantes genéticas como la de la página, www.warfarindosing.com

Por ejemplo, supongamos que queremos calcular la dosis de warfarina usando esta calculadora en línea. Tenemos un paciente hombre, de 44 años, 85kg, 1.77m, no fuma, es de origen hispano, con trombosis venosa profunda (DVT), asumiendo que no toma otros medicamentos, esta calculadora nos indica que el paciente debe recibir una dosis de 4 mg por día para lograr el efecto deseado y disminuir el riesgo a efectos adversos, ¿no es sorprendente y a la vez, sumamente útil?

Es claro que las pruebas disponibles actualmente no predicen del todo la efectividad y seguridad de los más de 3000 medicamentos, existen pacientes que son sumamente susceptibles o resistentes, en estos casos el estudio a detalle de su genoma podrá esclarecer las razones por las cuales un tratamiento causa toxicidad o no es eficaz.

Implementando la Medicina Genómica ¿Microarreglos, Secuenciación de ADN, Genotificación?

Además de las pruebas bioquímicas de laboratorio que ayudan al diagnóstico y terapia del paciente, la medicina genómica abre la posibilidad de conocer cualquier parte de nuestro ADN e interpretar su efecto biológico. Podemos adentrarnos al estudio detallado del genoma en cuanto a salud se refiere, en varios pasos. Es posible estudiar 1-2 millones de variantes de forma simultánea a través de la tecnología de microarreglos que busca en un paciente variantes que ya se conocen. Por otro lado, es posible investigar a

través de la secuenciación de ADN variantes nunca antes vistas al mismo tiempo que variantes ya conocidas; esto se puede investigar, en todo el genoma o bien pudiéramos comenzar solo con las regiones codificantes de proteínas, lo que se conoce como secuenciación de exomas, o podemos enfocarnos solo a unos cuantos genes.

Hoy en día, la secuenciación provee la capacidad para secuenciar e investigar el genoma en cualquiera de estas alternativas. Compañías como Illumina, Life-Thermo, Agilent Technologies, Roche, entre otras, ofrecen productos e instrumentos para estudiar la secuencia del ADN, encontrar variaciones en éste que expliquen alguna enfermedad o curso terapéutico.

Los secuenciadores modernos pueden leer un genoma completo o media docena de exomas en unas 30 horas. Existen numerosos centros de investigación en el país que ya cuentan con estos secuenciadores y con el personal calificado para el análisis de muestras. Ahora bien, el cuello de botella actual radica en leer la información que genera el secuenciador de forma adecuada, compararlo con bases de datos de referencia mundial, identificar mutaciones relevantes en genes relevantes, interpretar las consecuencias de las mutaciones encontradas en cada genoma, y darlas a conocer al médico y al paciente de forma que sean útiles. Esto representa una labor de gran magnitud que requiere conjuntar y analizar información de bases de datos, clínica, demográfica, familiar, bioquímica y asociarlos con los hallazgos genéticos para cada paciente.

Estamos en una etapa en la que la medicina personalizada ya es un tema cotidiano entre profesionales de la salud. Sin embargo, para el paciente y para muchos médicos, no es algo que se pueda acceder fácilmente. Entre las barreras que encontramos entre la investigación y la aplicación clínica aún tenemos la falta de validación de marcadores genéticos para ciertas enfermedades y para diferentes poblaciones del mundo. Solamente un 3% de las investigaciones en medicina traslacional (que traduce la información del laboratorio a la clínica) se enfoca a validar re-

sultados de investigaciones previas para ponerlas en práctica. El expediente electrónico con capacidad para incluir secuencias genómicas del paciente aun no es una realidad. Además, la capacidad para procesar, traducir e interpretar esta información es aún incipiente. Si bien hay casos de éxito, la mayor parte de los esfuerzos estarán siendo encaminados a resolver los obstáculos tecno-informáticos.



genéticas es decir, la generación de profesionales como asesores genéticos, la emisión de reportes médicos o farmacogenéticos "tropicalizados" con idioma e idiosincrasias locales, utilizando bases de datos de la población local, así como programas para familiarizar a médicos y pacientes con las posibilidades y limitaciones de la medicina genómica. En pocas palabras el futuro inmediato está en la interpretación de la información genómica.

Por lo pronto, las buenas noticias son que hay programas que buscan secuenciar casi todos los genes que codifican para proteínas en un millón de pacientes, ¡por solo 100 dólares! Algo bastante accesible para el consumidor promedio. Y que además esta cantidad de datos estaría disponible para la comunidad científica con el consecuente desarrollo de aplicaciones en salud.

Otras barreras que la medicina personalizada también tendrá que enfrentar serán cuestiones éticas y sociales como discriminación social o de cobertura por parte de las aseguradoras al conocer el riesgo genético para una dada enfermedad, lo cual va aunado al desarrollo de sistemas para proteger la privacidad del paciente. Todo lo anterior va a requerir programas de educación a muchos niveles y sectores distintos desde la interpretación correcta de las pruebas



Lazaridis, K.N., et al., **Implementing individualized medicine into the medical practice**. American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics, 2014. **166**(1): p. 15-23.

Overby, C.L. and P. Tarczy-Hornoch, **Personalized medicine: challenges and opportunities for translational bioinformatics**. Personalized medicine, 2013. **10**(5): p. 453-462.

Olson, S., *Pres. Obama's Precision Medicine Initiative, The Human Genome Project, And Your Individualized Genetic Data*. 2015.

<http://emedicine.medscape.com/article/176938-treatment>

<http://www.uptodate.com/contents/helicobacter-pylori-and-gastroesophageal-reflux-disease>

<http://www.technologyreview.com/news/541516/j-craig-venter-to-sell-dna-data-to-consumers/>

Artículo
Portada

¡Sin asclepias no hay Monarcas!

Por Rafael Salgado Garciglia*



Empecemos diciendo a qué Monarcas me refiero, a esos vistosos insectos de amplias alas de colores naranja, negro y blanco ¡Las Mariposas Monarca!

Estas mariposas son conocidas por su espectacular migración de Canadá y Estados Unidos a México cada año, y por el brillante diseño de colores en sus alas. Esos colores resplandecientes son una señal para las aves y otros posibles predadores de que la mariposa puede ser venenosa.

Las Mariposas Monarca adultas se alimentan obteniendo el néctar de una gran diversidad de flores como las del trébol rojo, cardo, lantana, lila y vara de oro, de las que consumen azúcares y otras sustancias que les aportan energía; es necesario que estas florezcan en primavera y otoño, que es cuando necesitan más energía para la migración ya sea hacia el norte o hacia el sur. Sin embargo, las flores no son lo único que alimenta a las Monarca adultas, también pueden consumir agua y alimento líquido, incluyendo los derivados o extraídos de frutos como naranja, uva y frutillas.

Con esto nos damos cuenta que la abundancia de flores que les aportan néctar es fundamental para la migración. De hecho sus rutas migratorias coinciden con grandes zonas donde las flores con néctar pueden darles las suficientes reservas de grasa que necesitan para tan largo viaje.



Foto: María de la Paz Ceja Adame

Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*) con el típico patrón de colores en sus alas (naranja, negro y blanco), fácilmente reconocible, con una envergadura en ocasiones superior a los 10 cm.

Ciclo de vida de las Mariposas Monarca

Las Mariposas Monarca presentan un ciclo de vida muy variable -entre menos de un mes y nueve meses- Los adultos que nacen en primavera y verano viven alrededor de cuatro semanas; en cambio, la generación migratoria, que generalmente nace en septiembre, puede vivir hasta nueve meses. A éstas se les conoce como generación "Matusalén", ya que son las que hacen el viaje de ida y vuelta. Son la segunda o la tercera generación las que alcanzan la completa migración y distribución de la Monarca. Este periodo de vida es 12 veces más que la mayoría de las mariposas, las que comúnmente viven solo 24 días.

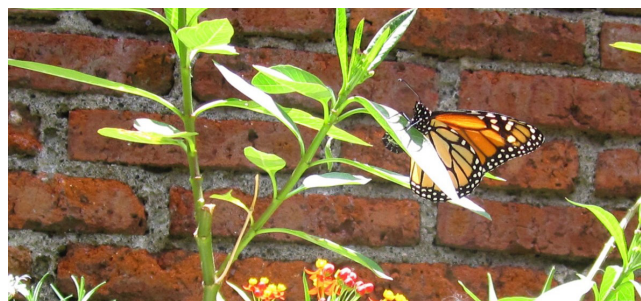
Las mariposas Monarca adultas llegan a los bosques de oyamel en México, como los del Estado de México y Michoacán, viajando alrededor de 5000 km para pasar el invierno por un periodo de 5 meses. Al hibernar, las Mariposas Monarca se agrupan durante las noches, días nublados y lluviosos, formando grandes racimos, lo que les permite conservar el calor. A pesar de su sangre fría, la Monarca en su etapa de letargo ajusta la temperatura de su cuerpo conservando una gran cantidad de energía y grasa que almacena para su procreación y su regreso.

Para finales del mes de febrero, cuando la temperatura aumenta en los bosques y los días son más largos, es cuando las Mariposas Monarca tienen su etapa de reproducción, buscan el néctar de las flores para conseguir la acumulación de energía y emprender su regreso. Durante el regreso al norte, dejan sus huevecillos bajo las hojas de un solo tipo de plantas llamadas asclepias, donde una vez que nacen y maduran las larvas, comienzan el periodo de metamorfosis. Estas nuevas Monarca continúan el viaje a Norteamérica, otra nueva generación se produce en julio para que sus crías nazcan en septiembre e iniciar una nueva migración a México.

El ciclo de vida de esta mariposa inicia con la puesta de huevecillos en el envés de las hojas de asclepias, de manera individual (no en grupos), y al cabo de siete a doce días nacen las orugas que se alimentarán de la planta. Cada oruga se desarrolla y cambia hasta 5 veces (mudas) hasta llegar a la madurez, etapa en la que se fija a una rama o cualquier soporte, donde teje un fino capullo, denominado crisálida, en la cual se da el proceso de metamorfosis que dura aproximadamente doce días. Al salir de su capullo, la oruga se convierte en una bella mariposa Monarca.

¿Por qué las Mariposas Monarca prefieren las asclepias?

Además de la etapa de hibernación, la etapa de nacimiento, crecimiento y desarrollo de las orugas, es una de las más limitantes para la supervivencia de las mariposas Monarca, debido a que dependen principalmente de un solo tipo de planta para conseguir su alimento. Estas plantas son conocidas como asclepias, de las que existen alrededor de 130 especies (*Asclepias spp.*), de las que aproximadamente 70 crecen en Canadá y



Mariposa monarca doblando el abdomen en el envés de una hoja de *Asclepias curassavica* para colocar un huevecillo.

Foto: María de la Paz Ceja Adame

Estados Unidos, y el resto en México y centro América.

Las asclepias son plantas de la familia Apocynaceae, consideradas oportunistas que crecen en zonas perturbadas, a lo largo de las carreteras y en campos de cultivo y son consideradas malezas que compiten con las plantaciones agrícolas. Sin embargo, la Monarca también se alimenta de otras especies emparentadas con *Asclepias*, aunque en menor medida, como *Sarcostemma*, *Cynanchum* y *Matelea*.

Las mariposas Monarca se sienten atraídas por algunas especies de asclepias, principalmente porque tienen ciertos compuestos químicos que ellas prefieren o necesitan. Cuando las larvas de monarca se comen esta planta con estos compuestos, se convierten en tóxicas para los depredadores potenciales. Además, las orugas de la Mariposa Monarca al alimentarse de las hojas de las asclepias, éstas les proporcionan los vivos colores de sus alas. Así, las orugas al alimentarse asimilan los compuestos producidos por la planta, adquiriendo un olor y sabor desagradables para todo tipo de depredadores como reptiles, aves o pequeños mamíferos.

Las dos especies que más prefieren son *Asclepias amplexicaulis* que habita en el este de Norteamérica y *Asclepias californica* que encontramos en el oeste. Pero, al parecer la especie *A. syriaca* es una de las principales fuentes de alimento de las orugas en Norteamérica, sobre todo para la generación "Matusalén".

En México, específicamente en Michoacán abunda *A. curassavica*, conocida como lengua de vaca o algodoncillo, este último nombre debido a que sus semillas cuando son liberadas de un fruto tipo folículo, presentan una estructura semejante al algodón. Los compuestos producidos por estas plantas son glucósidos cardíacos, también llamados cardenólidos, a los que se le atribuyen las propiedades tóxicas que las Monarca presentan.

Los cardenólidos son un tipo de esteroides vegetales que incluyen a los glucósidos cardíacos (compuestos que contienen en su estructura derivados de azúcares), uno de ellos es la digitoxina, que se utiliza como medicamento en terapias de enfermedades cardiovasculares. Su consumo provoca náusea, vómito, diarrea y arritmias car-



Rafael Salgado Garciglia

Es Profesor Investigador del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, responsable del Laboratorio de Biotecnología Vegetal desde 1993. Entre sus principales líneas de investigación están el estudio de sistemas in vitro para la propagación y conservación de plantas en riesgo de extinción, y la búsqueda de compuestos bioactivos de plantas.



Foto: Irena Medina Sapovalova

diacas en los vertebrados. Los niveles de cardenó-lidos varían dentro de una misma especie de asclepias y también de una especie a otra, y su producción puede inducirse mediante daños a la planta o ingestión por herbívoros.



Planta con flores, fruto y semillas de *Asclepias curassavica* (Algodoncillo)

Algunas investigaciones han demostrado que las orugas de las mariposas Monarca al obtener estos compuestos, eliminan de sus intestinos algunos parásitos mortales para ellas como el protozoo *Ophryocystis elektroscirrha*, que pueden persistir cuando se convierten en Monarcas adultas. Si éste no es eliminado, una hembra infectada pasa los parásitos cuando pone los huevos y las crías cuando son adultas, mueren. Aún si la mariposa sobrevive, no puede volar por períodos largos como las mariposas que no están infectadas.

Es por ello, que sin algodoncillo (*Asclepias spp.*), las larvas de la Mariposa Monarca no serían capaces de convertirse en adultos sanos y éstos, no se defenderían de sus predadores. Aunque la conservación de la Mariposa Monarca se ha concentrado en los sitios de hibernación, es evidente que para mantener un fenómeno migratorio es necesario conservar todas sus partes, una de



ellas es la conservación de las poblaciones reproductoras, donde resalta la importancia de mantener los campos de *Asclepias spp.*

En Norteamérica, los algodoncillos debido a que son considerados malezas que reducen la producción

agrícola y además son tóxicas para el ganado, han sido combatidos y eliminados de los campos agrícolas a partir de los años 70's, mediante el uso de herbicidas cada vez más poderosos; la expansión de los campos de cultivo y el crecimiento de las zonas urbanas ha resultado en la reducción del hábitat de la Mariposa Monarca. Se conoce que estas prácticas han provocado la disminución del 58% de la abundancia de las diferentes especies de *Asclepias*, resultando una reducción de hasta un 81% en la abundancia de Monarcas de 1999 a 2010.

Si disminuye o se pierde esta relación entre las Mariposas Monarca y *Asclepias spp.*, está en riesgo la población de estos bellos insectos, que además son importantes polinizadores, ya que a través de su migración mueven el polen de diversas plantas, promoviendo así la diversidad genética de las plantas.

Se agradece a SIRUKI EDUCACIÓN AMBIENTAL, A.C., por las imágenes y video utilizados en este artículo (<http://sirukiac.wixsite.com/educacion-ambiental>)



Plan de América del Norte para la conservación de la mariposa monarca. 2008. Comisión para la Cooperación Ambiental.

<http://www3.cec.org/islandora/es/item/2350-north-american-monarch-conservation-plan-es.pdf>
Algodoncillo (*Asclepias curassavica*)

<http://conabio.inaturalist.org/taxa/75602-Asclepias-curassavica>

Soy Monarca, conoce la riqueza natural de México.
<http://www.soymonarca.mx/acciones.html>
Las Mariposas Monarca Morelianas. 2016. Siruki Educación Ambiental, A.C. <http://sirukiac.wixsite.com/educacion-ambiental/single-post/2016/01/05/LAS-MARIPOSAS-MONARCAS-MORELIANAS>

Foto: Bajada del portal <http://www.china.org.cn/>

De los videojuegos al supercómputo científico

Luis Manuel Villaseñor Cendejas *

TaihuLight, la super computadora ubicada en Wuxi, al este de China, en la Provincia de Jiangsu

Las supercomputadoras más rápidas del mundo

Hace unos días, en junio de 2016, se publicó la lista más reciente de las 500 supercomputadoras más rápidas del mundo. Esta lista, que se publica dos veces al año desde 1993, causa gran expectativa entre la comunidad internacional de supercómputo. En esta ocasión resultó sorpresiva la aparición de una nueva supercomputadora china que ahora ocupa el primer lugar en la lista y que desplaza a otra supercomputadora también china que había sido la más rápida durante los últimos 3 años.

Esta nueva supercomputadora, llamada "Sunway TaihuLight", puede realizar hasta 93 mil millones de millones de operaciones de punto flotante por segundo, es decir 93 PetaFLOPS en lenguaje técnico. Tiene además la peculiaridad de que es cinco veces más rápida

que la supercomputadora más rápida de Estados Unidos y que utiliza unidades de procesamiento central, conocidos como CPUs por sus siglas en inglés, basados en tecnología china, a diferencia de la mayoría de las supercomputadoras que utilizan procesadores fabricados por la compañía norteamericana Intel.

Para establecer un punto de comparación, una buena computadora portátil tiene un procesador con 4 núcleos, mientras que TaihuLight tiene cerca de 11 millones de núcleos, lo que la convierte en cerca de 3 millones de veces más rápida que una computadora portátil típica. Para esto se requiere, sin embargo, contar con el conocimiento para programar todos los núcleos de modo que trabajen simultáneamente en el mismo cálculo.

* *Luis Manuel Villaseñor Cendejas*, es profesor investigador del Instituto de Física y Matemáticas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.



Diferencia entre CPUs y GPUs

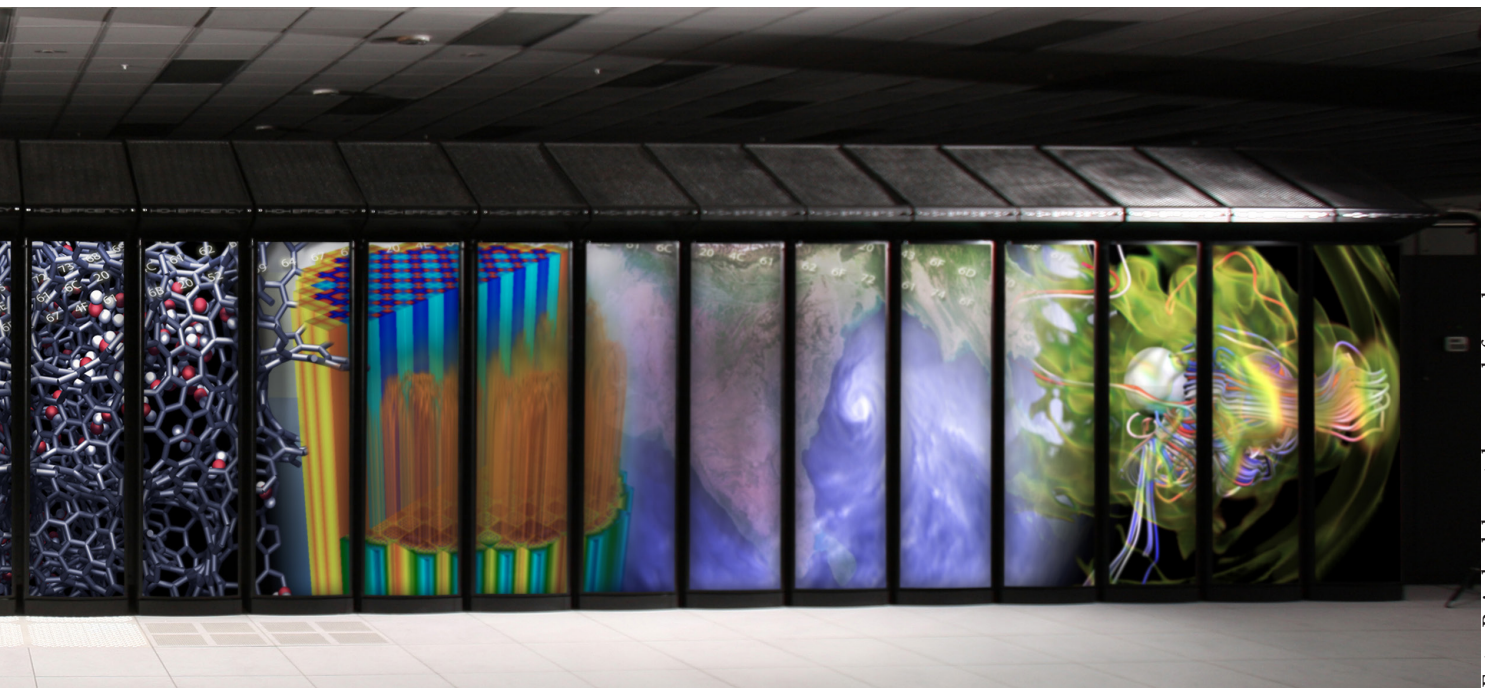
Sin embargo, en esta ocasión nos interesa recalcar la peculiaridad de la computadora más rápida de los Estados Unidos. Esta supercomputadora que ocupa el tercer a nivel mundial, utiliza para sus cálculos un nuevo tipo de dispositivos de cómputo que se llaman unidades de procesamiento gráfico, GPUs por sus siglas en inglés, a diferencia de la mayoría de las computadoras que, como ya mencionamos, utilizan únicamente CPUs. Esta supercomputadora, llamada "Titán", se encuentra en el Laboratorio Nacional Oak Ridge en el estado de Tennessee, en Estados Unidos, y fue hasta noviembre del 2012 la supercomputadora más rápida del mundo.

Es interesante mencionar que las unidades de procesamiento gráfico, que de ahora en adelante llamaremos genéricamente como tarjetas GPU, surgieron para satisfacer la demanda de cómputo de los programas de videojuegos, en los que se requiere de grandes velocidades de cómputo para generar imágenes en 3 dimensiones y proveerlas de la iluminación y movimientos adecuados para que parezcan imágenes reales. A este proceso se le llama "renderizado", derivado de la palabra "render" en inglés.

Es típico que la computadora de alguien que la emplea para videojuegos o diseño gráfico o elaboración de películas animadas, cuente con una o varias tarjetas GPU. Estas tarjetas son descendientes de los primeros chips gráficos que surgieron en la década de los 1980s para dotar de visualización a las primeras computadoras personales, aunque el término GPU fue introducido por primera vez por la compañía Nvidia en 1999. A partir de ahí, y bajo la presión de nuevos videojuegos cada vez más demandantes de procesamiento gráfico, las tarjetas GPU se desarrollaron cada vez más.

Cómputo en paralelo

La característica que distingue a las tarjetas GPU de los procesadores CPU es su capacidad de cómputo en paralelo. Para esto, las tarjetas GPU cuentan con un gran número procesadores sencillos pero especializados en la realización de operaciones aritméticas, a estos procesadores se les llama núcleos CUDA en el caso de las tarjetas GPU producidas por la compañía Nvidia. Por ejemplo, una de las primeras tarjetas GPU, la Nvidia GeForce 256 de 1999, contaba con 4 núcleos CUDA, mientras que las tarjetas GPU más avanzadas actualmente cuentan con cerca de 6 mil de estos procesadores especializados.

Foto: Bajada del portal www.olcf.ornl.gov

Supercomputadora Titan

Por esta razón, a través del cómputo en paralelo, estas tarjetas pueden desarrollar velocidades de cómputo por sí solas de alrededor de 3 TeraFLOPS, es decir que bastarían cerca de 30 mil de estas tarjetas para lograr igualar la velocidad de cómputo de la supercomputadora más rápida del momento, con la ventaja de que su funcionamiento es más eficiente desde el punto de vista energético y no requieren de un sistema de enfriamiento con complejo y caro como el de las supercomputadoras que usan CPUs.

La supercomputadora Titán es un ejemplo de una supercomputadora híbrida que usa tanto CPUs como GPUs. En efecto, los cerca de 19 mil procesadores que componen esta supercomputadora, que en total comprenden cerca de 300 mil núcleos CPU, trabajan en conjunto con un número igual de tarjetas GPU para lograr una velocidad de cómputo de 19.5 PetaFLOPS. A pesar del gran número de núcleos CPU, esta velocidad de cómputo recae en un 90% en su componente de tarjetas GPU.

CUDA y OpenCL

La posibilidad de usar las tarjetas GPU para realizar supercómputo científico fue facilitada a partir de 2007 por la compañía Nvidia al poner al alcance de todo mundo un con-

junto de programas que permiten programar con relativa facilidad las tarjetas GPU. A esta plataforma de supercómputo científico en paralelo, que los ingenieros de Nvidia elaboraron para usar las tarjetas GPU de Nvidia, se le llama CUDA, por las siglas en inglés de Arquitectura Unificada de Dispositivos de Cómputo.

Existe una plataforma similar que permite mayor generalidad en el uso de tarjetas GPU, permitiendo la programación de otras tarjetas de videojuegos producidas por otros fabricantes y de otros dispositivos electrónicos, a esta plataforma alternativa se le llama OpenCL, por sus siglas en inglés de Lenguaje de Cómputo Abierto.

Estas dos plataformas de cómputo en paralelo están disponibles para su uso libre en varios lenguajes de programación que incluyen C, FORTRAN, Python, Julia, entre otros.

¿Para qué sirve el supercómputo científico?

El uso del supercómputo con fines científicos permite abordar una gran cantidad de problemas científicos que de otro modo serían difíciles o imposibles de resolver. Por ejemplo la predicción confiable del clima a escalas de tiempo cada vez mayores sería imposible sin el uso de las supercomputadoras. Otros ejem-

plos son la simulación de la creación y evolución de las galaxias que componen a nuestro Universo; el estudio de nuevos fármacos en el tratamiento de enfermedades; el estudio de las corrientes de aire en un nuevo diseño aerodinámico de un avión o de un auto; la búsqueda de números primos que tienen más de 100 millones de dígitos; el análisis de los datos de los mayores aceleradores de partículas para buscar nuevas partículas, como ocurrió en 2012 con la partícula Higgs descubierta en el laboratorio CERN en Europa; el análisis de los datos del movimiento de las galaxias para entender mejor la expansión acelerada del Universo; el estudio de nuevas moléculas, por mencionar solo algunos.

Podemos afirmar que en prácticamente todas las áreas del conocimiento se requiere actualmente, o se requerirá en el futuro próximo, del uso de la supercomputación, lo cual nos permitirá aumentar substancialmente nuestro conocimiento de la naturaleza y sin duda el incrementar la duración y la calidad de la vida humana.

Perspectivas del supercómputo en el futuro próximo

Ante la pérdida frente a China del liderazgo en supercómputo que tuvo Estados Unidos hasta hace 3 años, el presidente Obama ha firmado un acuerdo para incrementar el presupuesto de su país en este ramo, y poner en funcionamiento al menos 3 supercomputadoras con velocidades superiores a los 150 PetaFLOPS a partir del año 2018. Ya que las dos diferencias más importantes entre el uso de CPUs y de GPUs son el menor costo y el menor consumo de electricidad de los tarjetas GPU, con relación a los sistemas basados en CPUs, para una misma velocidad de supercómputo. Podemos esperar un número cada vez mayor de supercomputadoras de tipo híbrido que usen tanto procesadores centrales CPU como tarjetas de GPU, como es el caso de la Supercomputadora Titán, pero con una capacidad de supercómputo que recae cada vez más en sus tarjetas GPU.

La aparición de las tarjetas GPU en supercómputo científico viene a aliviar en parte la preocupación de la comunidad científica de que cada vez se hace más difícil que se siga cumpliendo la llamada Ley de Moore, la cual expresa el hecho empírico de que, en los últimos 50 años, los fabricantes de procesadores de cómputo han logrado duplicar cada 2 años el número de transistores en sus chips. Por otro lado, la anhelada computación cuántica, la cual permitirá incrementar dramáticamente la velocidad de supercómputo, aún tiene muchos obstáculos que superar antes de convertirse en una realidad.

Supercomputadoras personales de bajo costo

El hecho de que usando una tarjeta GPU moderna, que cuesta alrededor de 1000 dólares americanos, podemos alcanzar velocidades de cómputo cercanas a los 2 TeraFLOPS, nos permite la posibilidad de contar con una supercomputadora personal de bajo costo en nuestra propia casa u oficina.

Estas supercomputadoras personales, basadas en tarjetas GPU, pueden alcanzar una velocidad de cómputo del orden de mil veces mayor a la que obtenemos de una computadora portátil dotada únicamente de procesadores CPU. Es importante enfatizar que para lograr estas velocidades tan



tas es indispensable programar en la plataforma CUDA o en la plataforma OpenCL, esto, a su vez, implica superar una curva de aprendizaje de estos modelos modernos de programación, lo cual es, sin embargo, cada vez más fácil gracias a la gran cantidad de guías tutoriales que existen gratuitamente en la red internet.

Artículos

Enseñando ciencias

Por Horacio Cano Camacho*



Un buen día, trabajando con profesores de secundaria sobre la enseñanza de la ciencia, uno de ellos me “reclamó” que todo lo que decíamos en nuestras charlas era muy interesante, pero desafortunadamente, en las escuelas rurales o de los pueblos de México, eran meras ilusiones, puesto que en la mayoría de ellas no existen laboratorios ni instrumentos para enseñar ciencia.

Yo les dejé una tarea como respuesta a su crítica, muy cierta, por supuesto. Les pedí que salieran un momento de su escuela y miraran alrededor, sobre todo los de áreas rurales o semiurbanas y me dijeran qué es lo que veían. Días después lo discutimos y mi impresión es que tienen uno de los laboratorios más grandes y equipados del mundo...

Un problema que pocos notan es que estamos confundiendo ciencia con instrumentos. Desde luego, tener un buen laboratorio de enseñanza de cualquier área no está nada mal, pero no es lo fundamental ni tienen por que ser una limitante.

Tradicionalmente, los conocimientos de cualquier ciencia –y aquí vamos a usar la biología como ejemplo– se han enseñado como una colección de datos, conceptos, reglas para memorizar. En nuestro sistema de enseñanza, lo fundamental es la memorización y no la comprensión. Como todos sabemos, la biología es una ciencia muy dinámica en donde constantemente surgen problemas y preguntas nuevas de interés científico, médico, social que requieren la comprensión y la capacidad de resolver problemas derivados de la complejidad de la naturaleza.

* **Horacio Cano Camacho**, es profesor investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, en la

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Esta dinámica se contrapone a la manera en que estamos enseñando la ciencia y la biología en particular. Si bien, el aprendizaje de conceptos es necesario para la comprensión, la enseñanza basada únicamente en ello genera una posición pasiva en el estudiante. No importan así los instrumentos que se utilicen. Los problemas aportados por la biología no son comprendidos por los estudiantes quienes se conforman con aplicar recetas y protocolos sin entender realmente el problema que desean resolver. De manera que los laboratorios de las escuelas que tienen el “privilegio” de contar con ellos no se diferencian mucho de quienes no los tienen.

La comprensión es sin duda uno de los objetivos de la enseñanza. Es muy complicado definir comprensión, pero podemos definir aquí que ésta implica la selección y gestión adecuada de la información; la identificación y planteamiento de preguntas; la construcción de estrategias o procedimientos para resolver esas preguntas

y desde luego el aprendizaje y manejo de conceptos. Identificar problemas y diseñar estrategias para resolverlos puede mejorar el acceso del alumno al conocimiento de la naturaleza, de la ciencia y de sí mismo.

Donde más se notan las deficiencias en la comprensión es la limitada capacidad de argumentación. Esto significa que existen muchas dificultades para validar o rechazar una preposición sobre la base de la razón, de manera que refleje los valores de la ciencia. Mis alumnos de licenciatura responden a cada pregunta con creencias y apreciaciones personales, no con argumentos derivados de la ciencia que se supone han aprendido. Aprender a argumentar es conocer la manera de plantear conjeturas o hipótesis como intento de explicación a un fenómeno, sustentándolas en evidencias. Por evidencias se entienden medidas, observaciones y descubrimientos que han sido colectados, analizados e interpretados por otros, usando el método científico.





Vamos a poner un ejemplo para ilustrar lo anterior y que yo uso en clase -puede ser cualquier fenómeno que se observe con claridad en los alrededores de la escuela, no necesariamente el que yo expongo-. En Morelia ocurrieron lluvias "atípicas" en el mes de marzo (aparentemente fuera de "temporada"). Estas se acompañaron de granizo, nevadas en los alrededores de Morelia y fuertes vientos. Yo pregunté ¿cuál es la explicación del fenómeno? ¿se trata de un evento excepcional o es parte del régimen climático "normal"?

Algunos de los estudiantes explicaron que se trata un fenómeno impulsado por el alineamiento de varios planetas; otros dijeron que se trata de un fenómeno atribuible a las consecuencias del cambio climático global. Un análisis cuidadoso de las respuestas elaboradas por los estudiantes muestra que estas responden no a su comprensión del fenómeno y si a ocurrencias, creencias o la influencia de lo que escuchan; ninguno fue capaz de explicar el "alineamiento de planetas", ni el concepto de cambio climático.

¿Cómo abordar la generación de "argumentos" científicos? ¿cómo resolver la carencia de cursos de cada problema que los estudiantes abordan?

Con el grupo de estudiantes pensamos varias explicaciones y elaboramos un argumento tentativo: Las lluvias de los últimos días obedecen a un fenómeno "normal" de entrada de una corriente de aire polar o frente polar y constituye un fenómeno regular en el clima de Morelia, además de que estamos en invierno....

El primer paso de trabajo con los estudiantes es reunir evidencias para una discusión reflexiva: Identificar el clima de Morelia e identificar sus principales características; conseguir los registros históricos del clima moreliano; identificar fenómenos climáticos y buscar registros en esas fechas (nevadas, granizadas); preguntar a personas mayores si recuerdan esos fenómenos en algún momento; hacer investigación hemerográfica y por último, investigar si hubo tal "alineamiento" de planetas o si eso existe y cuáles serían las consecuencias reales para la tierra.

Conseguir esa información no es nada complicado. De hecho, la mayoría de los chicos portan teléfonos inteligentes con capacidad de conectarse a internet y “bajar” los datos climáticos de Morelia. Otros equipos consiguieron información en la hemeroteca y otros hicieron encuestas con personas mayores.

Analizamos la información que cada equipo consiguió y la discutimos de manera reflexiva para llegar a una propuesta final en la que el peso principal está dado por los argumentos científicos usados y consensuados.

En este ejercicio, los estudiantes aprendieron algunos aspectos sobre el clima que desconocían por completo (son estudiantes de veterinaria), pero lo más importante, aprendieron la forma de argumentar y establecer una opinión informada.

morización de conceptos. Hay que cuidar el mecanismo por el cual el conocimiento es generado y validado: Esto es el método científico.

En términos generales un ejercicio de argumentación en clase requiere (Cuadro 1):

La clave en esta etapa es captar o estimular el interés de los estudiantes para analizar alguna porción de la realidad, en la búsqueda de un problema de investigación o una pregunta. Se debe hacer mucho énfasis en la importancia del tema y proveer alguna información acerca del problema a investigar, cuidando de no resolverlo por parte del profesor.

En un sistema educativo basado en “certezas”, la identificación de problemas y preguntas puede ser un elemento complejo. Los estudiantes han sido entrenados en sus clases de ciencia

Cuadro 1

1. ***El profesor identifica un problema y las preguntas derivadas de él***
2. ***Los estudiantes entonces trabajan en pequeños grupos para evaluar el problema y generar un argumento tentativo como intento de resolución***
3. ***Los grupos comparten y critican los argumentos de los otros grupos durante una sesión de argumentación***
4. ***El profesor ayuda a los estudiantes a reflexionar su aprendizaje y el contenido de ciencia en sus reflexiones y argumentos.***
5. ***Se establece una discusión reflexiva con los argumentos, evidencias. Esto ayuda a los estudiantes a elaborar un argumento final.***

Las evidencias muestran que la mayoría de los estudiantes mexicanos no desarrollan las habilidades suficientes en el manejo de la argumentación y esto es consecuencia directa de la manera en que se aborda la enseñanza de la ciencia. Una posible vía para mejorar es involucrar a los estudiantes en el ejercicio de la argumentación como parte del proceso de enseñanza de las ciencias. El núcleo de la propuesta consiste en que los profesores pongan más énfasis en el “***cómo sabemos que...***” en ciencia y no en la me-

para memorizar y se ha prescindido de la necesidad del conocimiento. Sin embargo, existen estrategias para generar “incertidumbre” y necesidad de conocimiento de una manera lúdica, estimulando la curiosidad y promoviendo a su vez la argumentación.

Las formas para estimular la necesidad de conocimiento son muy variadas, tal vez menos formales, pero efectivas. La observación detallada del entorno, una excursión, la lectura, los via-

Etapa	Aconsejable	No aconsejable
Identificación del problema y las preguntas de investigación	1. Estimular la curiosidad de los estudiantes	1. Proveer a los estudiantes con las respuestas a la investigación
	2. Crear la necesidad en los estudiantes de proponer argumentos	2. Permitir que los estudiantes se organicen en grupos por consenso.
	3. Organizar a los estudiantes en grupos cooperativos	3. Dar a los estudiantes la "respuesta correcta"
	4. Proporcionar a los estudiantes el material y las referencias necesarias	
	5. Proporcionar "pistas" con mucho cuidado y solo para orientar un poco	

jes, el cine, entre otras, pueden convertirse en el detonante del aprendizaje. La condición es que se aprovechen para generar dudas y preguntas y luego éstas sean resueltas con los recursos más formales, la discusión y el análisis.

¿En dónde queda el sistema estelar que se menciona en la película? ¿existió el hecho histórico o cuál es la relevancia del personaje del programa? ¿existe el lugar mencionado en el libro? ¿en dónde está? ¿se corresponde la narración con la realidad? ¿es viable o posible el evento que nos cuentan? Hay miles de preguntas y por supuesto miles de respuestas.

Si pensamos en nuestro entorno natural, podemos hacer una excursión de observación de aves, de colecta de rocas, de plantas o la simple observación del suelo, por ejemplo, en los cortes realizados para abrir caminos. Todas estas observaciones si se hacen de manera sistemática, contienen elementos que nos permiten hacer ejercicios de argumentación para discutir y aprender conceptos muy complejos, tales como

especie, evolución, cambio climático, evolución y dinámica del planeta y un largo etcétera. Otra forma muy poderosa es elaborar colecciones científicas con los elementos del entorno: rocas, foraminíferos, flores, hongos, fotografías de animales, plantas de herbario y muchas más. Esas colecciones son el punto de arranque para la investigación, la discusión y la elaboración de preposiciones cercanas a la ciencia. Éstas tienen la ventaja de ayudar al estudiante a entender su entorno y ser mucho más significativas y adecuadas al aprendizaje de la ciencia que el mero seguimiento de recetas "de cocina" del laboratorio tradicional en donde el estudiante no encuentra vínculo alguno con su realidad.

Resulta crítico desarrollar en el estudiante la habilidad para generar preguntas y dudas, que lo lleven a desarrollar un método para abordar esas preguntas que se sustenten en el método científico. No saber algo no tiene ningún problema, por que tienen solución, la investigación. El problema fundamental es no saber que no sabemos.

Artículos

HAWC, observatorio astrofísico de rayos gamma

Juan Carlos Arteaga Velázquez *

Astronomía de rayos gamma

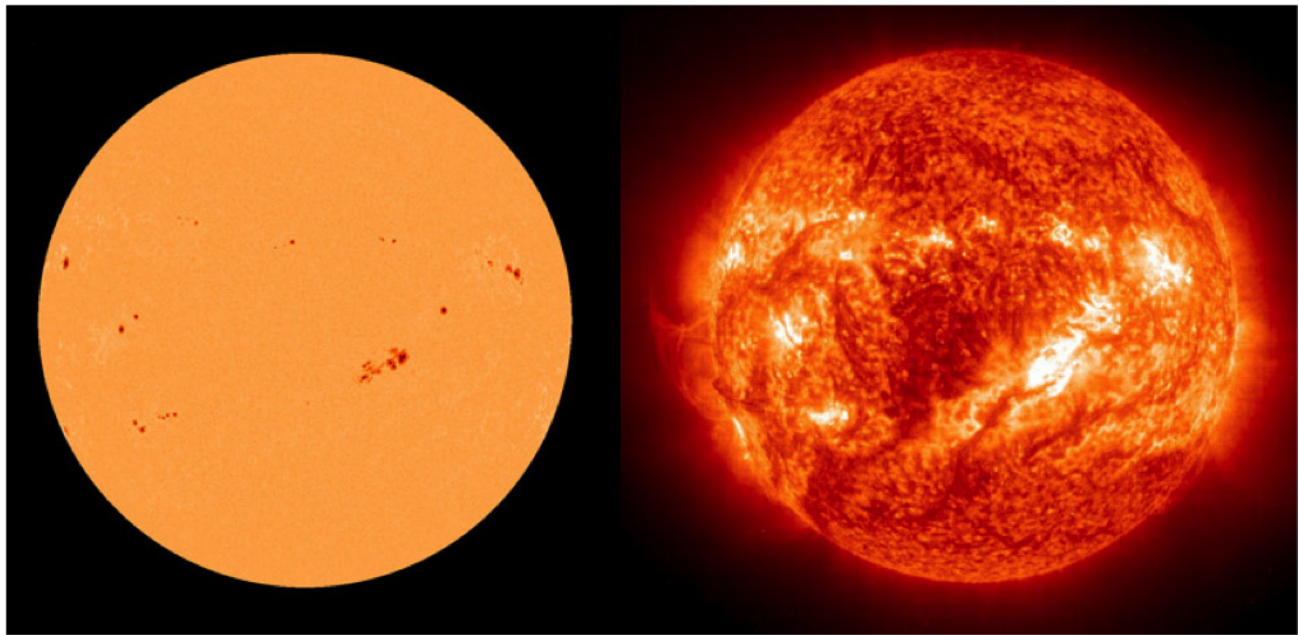
Cuando miramos al cielo durante una noche clara y sin luna, lo primero que apreciamos son las estrellas. Miles de ellas esparcidas por todo el firmamento. Lamentablemente, nuestra vista es limitada, evitando que observemos más detalles de dichos astros y del propio universo. En el espacio exterior existe una gran cantidad de sucesos y objetos que escapan a nuestra vista, algunos de ellos porque son muy tenues y otros debido a que emiten luz invisible. En el Sol, por ejemplo, ocurren varios de estos procesos (ver fig. 1).

Sólo para comprobarlo. Cuando nos exponemos al Sol, sentimos de inmediato su calor. Dicho calor proviene del Sol y viaja a nuestro planeta transportado por la luz infrarroja, que no se puede ver, pero sí sentir.

De todas las formas de luz conocidas, esto es, ondas de radio, microondas, infrarroja, visible, UV, rayos X y rayos gamma, es la radiación gamma la más energética y extrema de todas. La misma se produce sólo en procesos muy energéticos y violentos en el universo en donde intervienen, principalmente, la aceleración o desaceleración de partículas cargadas, el choque de partículas de muy alta energía con la materia y la desintegración de partículas inestables. También suelen producirse en encuentros ocasionales entre partículas de materia y antimateria. Se cree, por ejemplo, que los de más alta energía se producen al acelerar electrones en campos magnéticos muy intensos, o bien, cuando partículas cargadas, como electrones o rayos cósmicos¹, son desviados de sus trayectorias originales. Además, suelen producirse cuando los rayos cósmicos de alta energía chocan con el gas y polvo que se encuentran a su paso en su viaje por el universo o al escapar de su fuente. Inclu-

* Juan Carlos Arteaga Velázquez es investigador en el Instituto de Física y Matemáticas, Universidad Michoacana

de San Nicolás de Hidalgo.



Imágen: SOHO, ESA & NASA

Fig. 1. El Sol visto en luz visible (izquierda) y en luz ultravioleta (derecha). En luz UV se aprecian detalles en el Sol que no pueden observarse con la luz visible. Las imágenes fueron tomadas por el satélite SOHO de la NASA.

so se especula que podrían estarse produciendo gracias a la desintegración o aniquilación de la así denominada materia oscura, la cual se cree estaría formada por partículas muy exóticas y muy penetrantes predichas por modelos de nueva física.

En astronomía, los científicos estudian los rayos gamma como herramienta para fines muy diversos. Como ejemplo, para develar los rincones más energéticos del cosmos, buscar eventos cataclísmicos que ocurren en el espacio exterior, encontrar aceleradores naturales de partículas de muy alta energía en el universo, descubrir nuevos objetos astrofísicos, buscar la fuente y mecanismo de aceleración de los rayos cósmicos, estudiar la materia en condiciones extremas (no alcanzables en la Tierra) con objeto de poner a prueba las leyes de la física y las nuevas teorías físicas, indagar el origen de los neutrinos² de alta energía que provienen del espacio exterior, investigar la intensidad de la radiación cósmica en distintos rincones del universo, etcétera. La lista es larga y las aplicaciones numerosas. Todas ellas forman parte de lo que se conoce como astronomía de rayos gamma. Su origen es reciente y se remonta hasta 1961 cuando se puso en órbita

el Explorer XI, el primer satélite espacial con un detector de rayos gamma a bordo, dedicado a la observación del cielo. Desde entonces varios detectores de rayos gamma han sido puestos en órbita alrededor de la Tierra. Lamentablemente estos instrumentos tienen la gran desventaja de que a muy altas energías, de un billón de veces la de la luz visible, captan pocos eventos. Esto se debe a que, en este caso, el flujo de rayos gamma es muy bajo y el tamaño de los instrumentos no es lo suficientemente grande como para compensarlo. Para estudiar entonces los rayos gamma de más alta energía se recurre a otras técnicas de observación llamadas indirectas.

Detección indirecta de rayos gamma

Cuando los rayos gamma llegan a la Tierra proveniente del espacio exterior son absorbidos, para nuestra fortuna, por la atmósfera terrestre antes de que lleguen al suelo. Como la energía no se crea ni se destruye, la energía absorbida es transformada mediante una cadena de reacciones físicas en una fina lluvia de partículas secundarias, de menor energía, que viajan en forma compacta a velocidades cercanas a la de la luz. A esta lluvia se le llama cascada o chubasco atmosférico de partículas. Su tamaño y contenido

de partículas es variable. Se sabe, por ejemplo, que los rayos gamma de más alta energía detectados al momento pueden producir chubascos atmosféricos que llegan a cubrir decenas de metros cuadrados y, además, contener decenas de miles de partículas, la mayor parte de las cuales corresponde a electrones y rayos gamma secundarios de baja energía.

Para observar rayos gamma de origen astrofísico y de muy alta energía, los científicos se valen de la observación de los chubascos de partículas. Este método de detección se le denomina indirecto, porque no se observa realmente el paso del rayo gamma original, sino su efecto en la atmósfera. Ahora bien, la observación del chubasco se realiza desde la superficie terrestre y se logra mediante el empleo de dispositivos tecnológicos muy sofisticados llamados detectores de partículas. Estos instrumentos se encargan de entregar una señal visible al paso de las partículas del chubasco.

En general, los observatorios de cascadas atmosféricas de partículas se componen de redes inmensas de detectores. Los hay de varios tipos dependiendo de la técnica de detección empleada. Una técnica común se basa en coleccionar la tenue luz azul emitida en el aire al paso de las partículas cargadas más energéticas del chubasco (ver fig. 2). A esta luz se le conoce como luz Cherenkov³. Los detectores basados en este principio se les llama Telescopios Cherenkov de visualización atmosférica (IACT, por sus siglas en inglés) y son muy precisos, sin embargo, sólo pueden ser utilizados en noches claras y sin luna, y únicamente pueden observar pequeñas porciones del cielo a la vez. A esta clase de observatorios pertenecen HESS, localizado en Namibia; VERITAS, ubicado en Arizona, Estados Unidos; y MAGIC, construido en las islas Canarias.

Otra técnica de detección se basa en registrar la luz Cherenkov que producen las cascadas al atravesar depósitos de agua. A los detectores que emplean esta técnica de observación se les da el nombre de Detectores Cherenkov de agua

y a pesar de que no son tan precisos como los IACT, tienen la ventaja de que pueden trabajar tanto de día y de noche, independientemente de las condiciones meteorológicas, y observar simultáneamente grandes porciones del cielo. Actualmente, uno de los observatorios Cherenkov de agua más avanzados y sofisticados de rayos gamma de alta energía es HAWC (ver fig. 3), construido y operado en México por científicos mexicanos y de Estados Unidos. Este detector está diseñado para estudiar rayos gamma de las más altas energías, específicamente, entre uno y cien billones de veces más energéticos que la luz visible.

El observatorio de rayos gamma HAWC

HAWC (Observatorio Cherenkov de agua de gran altitud, por sus siglas en inglés) está localizado en el Volcán Sierra Negra, en el estado de Puebla, muy cerca del pico de Orizaba. El sitio está ubicado a una altitud de 4100 m sobre el nivel del mar. El observatorio está formado por una red muy compacta de 300 detectores de agua Cherenkov que cubre una superficie de 150 m x 150 m de lado, tres veces más grande que una cancha de fútbol soccer (ver fig. 4).

Cada detector no es sino un inmenso tanque de casi 5 m de altura y 7 m de diámetro en

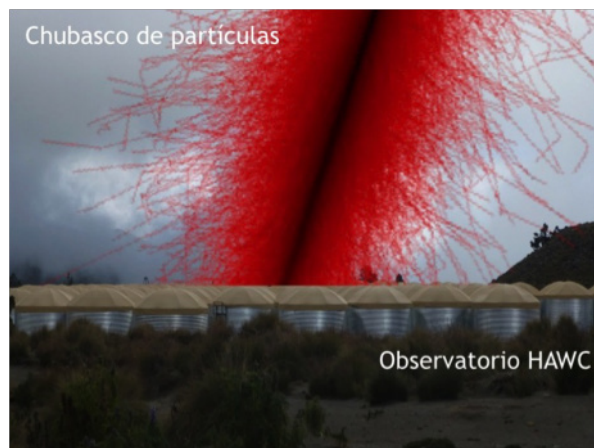


Imagen: Colaboración H.E.S.S.

Fig. 2. Los IACT detectan la luz Cherenkov azul emitida en el aire al paso de los chubascos atmosféricos de partículas generados por rayos gamma de alta energía

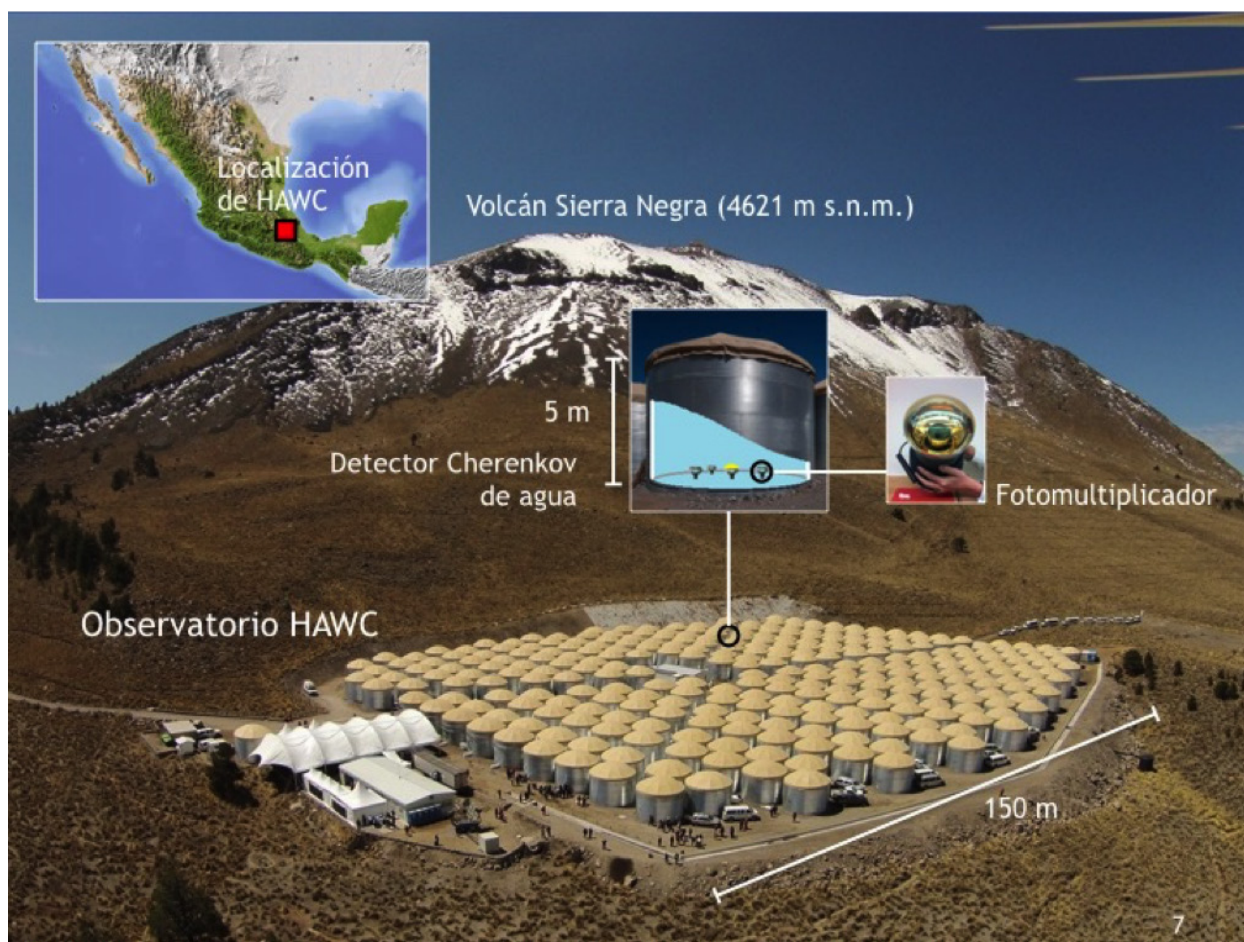
la base, dentro del cual hay 180,000 L de agua pura (hay tanta agua en todos los tanques del observatorio que de él se llenarían 54 millones de botellas de 1 L). En este medio los chubascos de partículas emiten luz Cherenkov, misma que es captada por cuatro sensores electrónicos (fotomultiplicadores) que se ubican en el fondo del tanque (ver fig. 4).

Analizando la luz emitida por los chubascos de partículas en los detectores y el tiempo en que se realizó la detección, se reconstruye la energía del rayo gamma original y su dirección de llegada. Esto se logra usando computadoras que procesan y analizan los datos a gran velocidad. Combinando la dirección de llegada de todos los eventos de rayos gamma observados, se



Imágen: Colaboración HAWC.

Fig. 3. HAWC detecta los chubascos de partículas generados por los rayos gamma y los rayos cósmicos en la atmósfera.



Imágen: Colaboración HAWC

Fig. 4. El observatorio HAWC con sus 300 detectores Cherenkov de agua. En medio del arreglo se aprecia el edificio que alberga la electrónica del observatorio. Al fondo se observa el volcán Sierra Negra.

crea un mapa del cielo que nos muestra como se ve el universo empleando a través de esta ventana astronómica.

HAWC comenzó a ser construido en marzo del 2012 y fue completado hasta finales de marzo del 2015. Con los 300 detectores Cherenkov trabajando, HAWC capta más de 25 mil chubascos por segundo, lo que requiere más de un Terabyte diario en almacenamiento de datos. A un año de operaciones, el observatorio ha colectado cerca de 800 mil millones de eventos, equivalente a un Petabyte. Para tener una idea de este volumen de datos, una canción en formato MP3 que se guarda en un dispositivo móvil, como un celular, tiene un tamaño de unos cuantos megabytes. Si este fuera de, digamos, 4 megas, en un Petabyte cabrían cerca de 250 millones de canciones, y si cada canción durará cuatro minutos, tardaríamos en escucharlas casi dos mil años.

El campo de visión del observatorio es fijo, pero no es un inconveniente, ya que es muy amplio. Este cubre 45 grados respecto al cenit. Además, a medida que la Tierra rota, el campo de visión del observatorio barre la esfera celeste, cubriendo las 2/3 partes de ella en un día sideral. Esto es suficiente para observar gran parte de la Vía Láctea y estudiar diversos objetos astronómicos de gran interés ubicados en el hemisferio norte.

El universo a muy altas energías visto con HAWC

Para estudiar el cosmos a muy altas energías, se necesita acumular pacientemente los registros de los rayos gamma que ocasionalmente llegan a la Tierra. Esto requiere de observaciones largas y continuas del cielo. El problema radica en que los rayos gamma no se reciben tan frecuentemente como otras formas de radiación que llegan del cielo, como la luz visible o los rayos cósmicos. HAWC, no es la excepción. Se tuvo que esperar casi un año para generar el primer mapa detallado del universo en rayos gamma de las más altas energías (ver fig. 5). El mapa muestra varias fuentes de rayos gamma de alta energía distribuidas a lo largo de nuestra propia galaxia, y otras, de origen extragaláctico.

Son cerca de 40 las fuentes galácticas que han aparecido en este primer mapa celeste tomado por HAWC (ver fig. 6). La mayor parte de las fuentes ha sido asociada con algún objeto astronómico, mientras que el resto aún espera ser identificado. Entre los objetos galácticos identificados como fuentes de rayos gamma de altas energías se encuentran remanentes de Supernova, nebulosas iluminadas por pulsares⁴ y sistemas binarios de estrellas con agujeros negros.

Una de las más fuentes galácticas más intensas que se observa en el mapa es la nebulosa



Imágen: Colaboración HAWC

Fig. 5. Mapa parcial del cielo obtenido con rayos gamma de muy alta energía empleando el observatorio HAWC durante 340 días de monitoreo (de noviembre de 2014 a noviembre 2015). Se aprecian varias fuentes de alta energía. Algunas constelaciones se muestran como referencia.

sa del Cangrejo, formada por los restos de una supernova que aconteció en el 1054 D.C. La observación de rayos gamma proveniente de esta nebulosa parece indicar la existencia de un acelerador cósmico de partículas cargadas en su interior de naturaleza aún desconocida. Por otra parte, uno de los objetos galácticos que ha llamado la atención es una nebulosa extendida en la dirección del pulsar Geminga. Esta fuente ya había sido reportada por el antecesor de HAWC, el observatorio MILAGRO, pero no había sido posible confirmarla con los IACT debido a su limitado campo de visión. Es probable que existan más de estas fuentes galácticas en el cielo y con HAWC será posible averiguarlo.

Otro aspecto interesante del mapa celeste de HAWC es la presencia de fuentes de rayos gamma de muy altas energías, no conocidas anteriormente. Cerca de la cuarta parte de todas

En el mapa celeste de HAWC también aparecen dos objetos extragalácticos. Su posición coincide con la de dos blazares muy cercanos a la Tierra. Estos son Markarian 501 y 421, respectivamente. Los blazares son objetos fascinantes. Son astros que emiten una gran cantidad de energía. Se cree que pertenecen a una clase especial de galaxias que arrojan chorros potentes de radiación, en forma de luz y partículas energéticas, al espacio exterior, pero con la característica especial que uno de esos chorros apunta hacia la Tierra. Se cree que el responsable de esta actividad son agujeros negros supermasivos⁶ albergados en sus centros que devoran enormes cantidades de materia. Al momento no se sabe el mecanismo preciso que lleva a la producción de rayos gamma en los blazares, pero se espera que con HAWC se pueda aprender algo al respecto.

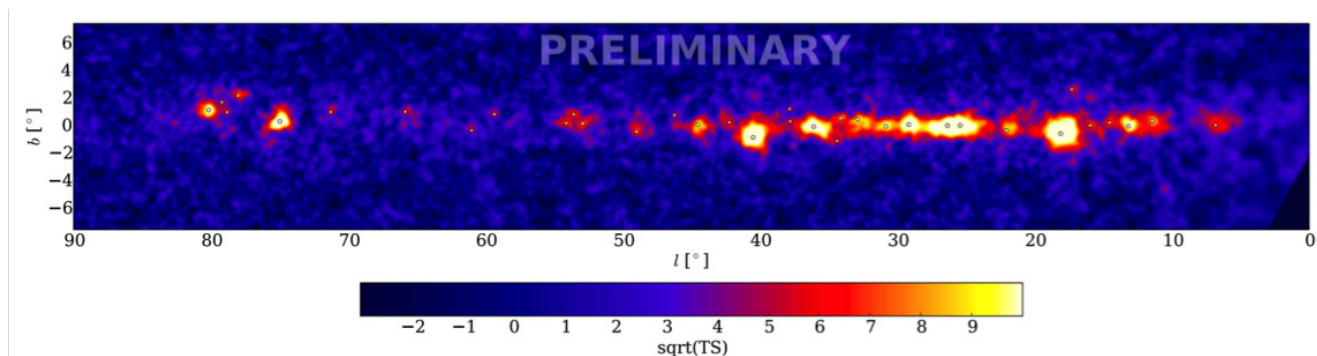


Fig. 6. Acercamiento del plano galáctico en el mapa celeste obtenido por HAWC. Se pueden observar varias fuentes de rayos gamma de muy altas energías.

las fuentes observadas por HAWC pertenece a la categoría anterior y es posible que el número se incremente al acumular mayor tiempo de observación con el detector.

Por otra parte, con las observaciones sensibles de HAWC también se han revelado nuevos detalles de algunas fuentes ya conocidas. Por ejemplo, en el caso de la fuente de la región del Cisne⁵, HAWC reveló lo que parecen ser tres fuentes individuales (ver fig. 7). Al parecer este sitio es más complejo de lo que se esperaba.

Entre las claves que se pueden estudiar para comprender los mecanismos que operan dentro de las fuentes de muy alta energía observadas por HAWC se encuentran la distribución de energía de los rayos gamma provenientes de los objetos estudiados y la variabilidad de la intensidad de la luz gamma observada. La distribución de energía (o espectro de energía como se le conoce) es sensible, por ejemplo, al tipo de partículas aceleradas dentro de la fuente, mientras que la variabilidad de la intensidad de la luz gamma detectada nos puede dar una idea del tamaño del sitio donde se produce la radiación

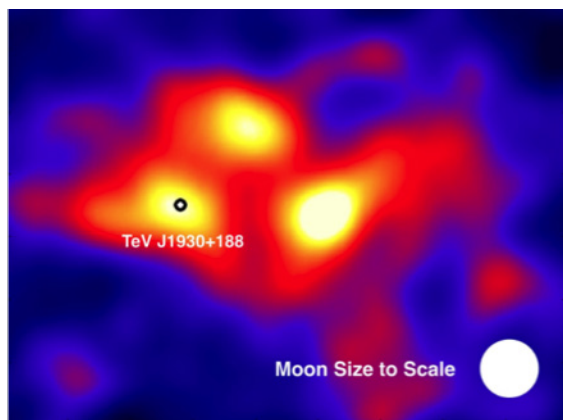


Fig. 7. Ampliación de la región de Cygnus en el mapa celeste obtenido por HAWC. Para darnos una idea del tamaño que ocupa esta región en el cielo, ésta se compara, a la misma escala, con el tamaño aparente de la Luna (círculo blanco grande).

de muy alta energía. Estos estudios se están llevando a cabo actualmente en HAWC. Una de las observaciones más interesantes al respecto ha sido la observación de un destello muy intenso en Markarian 501 que duró varias horas el pasado 6 de abril del 2016.

Otros estudios astrofísicos realizados con HAWC

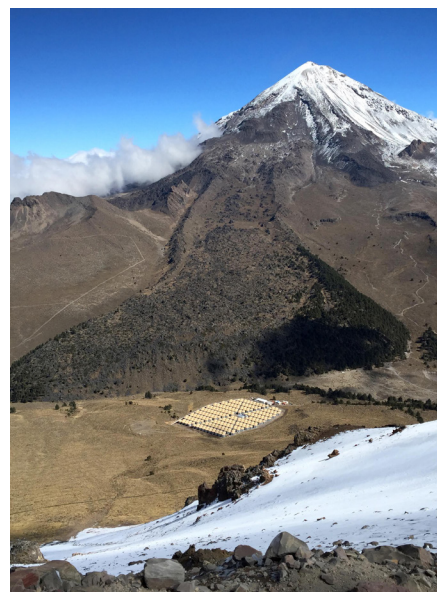
Al momento se están realizando diferentes análisis con los datos colectados al momento en HAWC. Algunos de ellos, por ejemplo, se están enfocando en la detección de los así denomina-

- 1 Formados por núcleos atómicos.
- 2 Los neutrinos son partículas muy penetrantes, de masa despreciable y sin carga eléctrica.
- 3 En particular, para que este efecto se produzca, la velocidad de las partículas debe superar a la de la luz en el medio de propagación.
- 4 Los pulsares son como faros estelares. Son estrellas muy compactas y densas que giran a una enorme velocidad. Están hechas de neutrones. Se caracterizan por la emisión de pulsos regulares de luz.
- 5 La región del Cisne es un sitio en nuestra galaxia con intensa formación estelar.
- 6 Es decir, de miles de millones de veces la masa del Sol.

dos Estallidos de Rayos Gamma (GRB, por sus siglas en inglés), los cuales nunca han sido observados con un detector Cherenkov de agua. También se están estudiando rayos cósmicos de altas energías, los cuales son muy abundantes. En particular, se están creando mapas celestes con ellos y se está midiendo su espectro de energía.

Por otra parte, el observatorio HAWC forma parte de una red de observatorios alrededor del mundo con los cuales se colabora para llevar a cabo estudios y monitoreos conjuntos de diferentes fuentes astrofísicas. Entre los observatorios mencionados se encuentran el satélite de rayos X, Swift; el telescopio espacial Fermi de rayos gamma; los detectores IACT de rayos gamma, VERITAS y MAGIC; el detector de neutrinos, ICECUBE; y el detector de ondas gravitacionales, LIGO. Cada uno de ellos proporciona información de los astros en distintos rangos de luz o con diferentes tipos de radiación, son, por tanto, complementarios. lo que permite entender mejor los fenómenos que ocurren en las fuentes astrofísicas que se detectan.

El futuro de HAWC es brillante. Aún le esperan nueve años más de operaciones en los que se esperan nuevos resultados y descubrimientos del universo a muy altas energías.

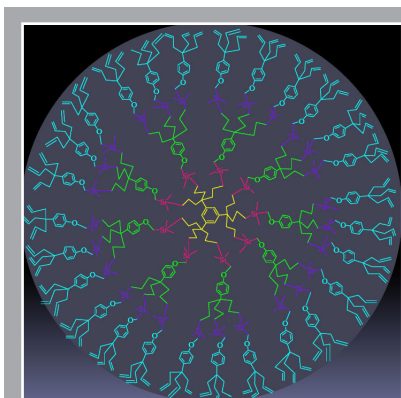




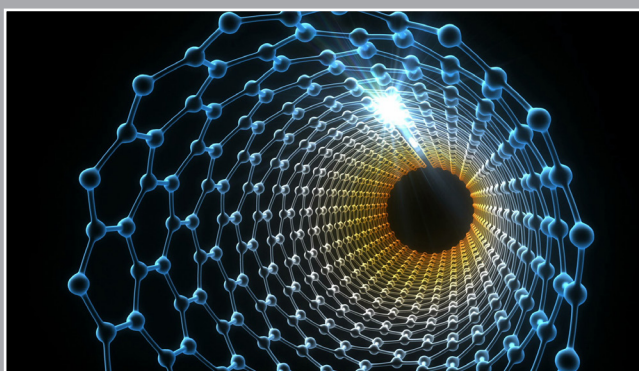
En la medicina actual, los avances de la nanotecnología, una disciplina que al trabajar en una escala muy pequeña (un nanómetro equivale a una mil millonésima parte de un metro, es decir 0.00000001), permite la manipulación de los materiales a nivel molecular, cambiando sus propiedades de forma asombrosa.

Con la nanotecnología se han diseñado los *FÁRMACOS INTELIGENTES* que tienen como principal mecanismo la liberación controlada de

un medicamento en una región específica del organismo. Este tipo de fármacos están formados por una cubierta sintética que contiene el principio activo del tamaño nanométrico que lo dirige al lugar adecuado. Así aumenta su eficacia y se evitan los efectos secundarios en otras partes del cuerpo. Sin embargo, este '*NANOVEHÍCULO*' debe cumplir varios requisitos, como ser resistente en los medios biológicos, tener una vida media relativamente elevada y, evidentemente, no ser tóxico.



Dendrimeros



Nanotubos de Carbono



Tipos de nanovehículos

Los nanovehículos generalmente son los dendrímeros –moléculas artificiales que encapsulan la medicina- o los nanotubos de carbonos –conductos diminutos de láminas de átomos de carbono enrolladas por los que circula el medicamento-. Éstos son capaces de atravesar capilares, poros y membranas celulares, transportando por el torrente sanguíneo o el interior de las células hasta llegar a su destino para liberar parcial o totalmente el principio activo.

En estos vehículos se cargan los principios activos o medicamentos, que pueden ser azúcares, péptidos, proteínas y genes, diseñados para que sean reconocidos específicamente por células, tejidos y órganos enfermos. Se han diseñado nanovehículos magnéticos, los que son guiados hasta la región afectada por campos magnéticos externos, de una manera igual cuando movemos un clavo sobre una superficie de papel con un imán.

Fármacos inteligentes comerciales

En la actualidad ya se comercializan más de 100 fármacos que se transportan por los nanovehículos, éstos pueden ser administrados por vía oral, intravenosa, inhalada o tópica. A continuación se presentan algunos ejemplos de ellos, como los liposomas de daunorubicina para el tratamiento de leucemias, los liposomas de doxorubicina para tratar el carcinoma de ovario o las nanopartículas de albúmina con paclitaxel para curar el cáncer de mama.

¿Cómo funciona un fármaco inteligente contra el cáncer?

Debido a que este tipo de fármacos son dirigidos de forma específica en nuestro organismo, su potencial curativo es impresionante, ya que permite una acción del medicamento más eficaz contra los tumores, minimizando los efectos secundarios de los actuales tratamientos.

Estos nuevos fármacos combinan dos productos en uno: por un lado un anticuerpo, capaz de alcanzar de forma selectiva a las células cancerosas; y, por otro, un compuesto que se transformará, una vez liberado, en un potente fármaco antitumoral.

La clave radica en la naturaleza de los nanovehículos, ya que deben ser lo suficientemente resistentes para tolerar la presencia de enzimas y otros factores que de manera natural se encuentran en el flujo sanguíneo, células, tejidos y órganos; pero -dentro de la célula tumoral- deben ser vulnerables para que éstos se rompan y se libere el fármaco en ese momento y ataque al tumor.

Investigadores del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona, del Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología (ICN²), del Instituto de Biología Molecular y Celular del Centro Nacional de Investigación Científica de Francia y el King's College de Londres, diseñaron nanotubos con una superficie recubierta con el anticuerpo monoclonal Cetuximab, el cual reconoce

y bloquea los receptores del factor de crecimiento epidérmico que están sobreexpresados en las células cancerosas. Estos nanovehículos pueden acumularse de forma selectiva dentro de las células cancerosas sin que se observe citotoxicidad.

Actualmente, el grupo de investigación experimenta *in vivo* con los nanotubos para su futuro uso como vehículo de radionucleidos tanto para diagnóstico como para la terapia contra el cáncer.

Fármacos inteligentes detectores de enfermedades

Esta clase de nanofármacos transportan moléculas diagnósticas que tienen la capacidad de detectar indicadores patológicos que se relacionan con alguna enfermedad. Con éstos se

hace posible identificar enfermedades genéticas, infecciosas o incluso pequeñas alteraciones de proteínas de forma precoz.

También se han creado biochips, que una vez transportados por el interior de nuestro organismo, permiten la obtención de grandes cantidades de información. Con los biochips a nanoescala es posible conseguir en poco tiempo, abundante información: la genética de individuo, de los agentes patógenos, medir la resistencia de las cepas de bacterias a los antibióticos o identificar las mutaciones que experimentan algunos genes y que desempeñan un papel destacado en ciertas enfermedades tumorales. Pueden ser utilizados para detectar la presencia de virus individuales, en tiempo real y con una gran precisión.

Los fármacos inteligentes nos acercan a la nueva era de la medicina en materia de nuevos sistemas de administración de principios activos, de diagnósticos y de seguridad biológica.





Una probada de ciencia

Las lagartijas no se hacen preguntas

Horacio Cano Camacho

Los humanos quizá no seamos el último grito en condición física, pero gozamos de la habilidad de complementar el instinto con la razón y, lo que es más importante para nuestros propósitos, de hacernos preguntas sobre nuestro entorno. Esos son los prerrequisitos del pensamiento científico, y son características cruciales de nuestra especie”.

Esta es la tesis central del libro que ahora recomiendo. Se trata de uno de nombre simpático: “Las lagartijas no se hacen preguntas”, de Leonard Mlodinow (Editorial Crítica, España. ISBN: 978-84-9892-1). El viaje apasionante del hombre desde los árboles hasta la comprensión del cosmos.

Muchas ocasiones los libros que tratan del recorrido histórico de la humanidad hasta el surgimiento de la ciencia como herramienta central para generar conocimientos pueden resultar aburridos o demasiado especializados para el lector común. No es el caso de este libro. Se trata

de una bocanada de aire fresco en el tema. Me atrevo a decir, que junto a *Sapiens* de Yuval Noah Harari que ya comentamos en *Saber más*, es el libro más atractivo y divertido sobre este tema. Una forma de acercarse a la historia del conocimiento científico, el desarrollo del pensamiento y la gran revolución del conocimiento.

Según Mlodinow, ésta comenzó cuando el hombre inició a ejercitar su capacidad para el pensamiento simbólico complejo. Y este salto llevo a nuestros ancestros a desarrollar el mayor talento que puede poseer, la habilidad para formularse las preguntas adecuadas.

Un problema fundamental de la educación en México es que se sustenta en certezas, en “verdades sabidas” y la memorización de datos, cifras, fechas, nombres, sin apenas conexión con el desarrollo de la habilidad para identificar problemas y hacerse las preguntas adecuadas. Esto significa que estamos enseñando –y aprendiendo- ciencias con métodos profundamente

anticientíficos. Incluso, preguntar está “mal visto”. En lugar de estimular la duda, se premia la memorización. Nos enseñan como si fuésemos lagartijas...

Leonard Mlodinow nos compara con otras especies, como las lagartijas. La mayoría de los animales no se cuestionan las situaciones de su existencia y su entorno, se adaptan, actuando únicamente por instinto. “Los humanos, en cambio desde temprana edad buscamos respuestas, una comprensión teórica de nuestro entorno, nos preguntamos ¿por qué?”. Y desde luego, su libro es un ejercicio constante de preguntas, dudas y la manera en que la humanidad ha ido satisfaciendo su curiosidad natural hasta la creación de la principal herramienta, la ciencia.

El libro aborda el desarrollo de la habilidad de hacer preguntas de una manera muy apasionante, describiendo primero cómo surgió o suponemos que surgió esa capacidad que luego devino en curiosidad, cultura, civilización y la razón, es decir, el desarrollo de la ciencia. En un lenguaje muy sencillo y sentido, nos va contando la historia del pensamiento, primero mágico, religioso hasta la revolución cognitiva.

Yo me senté con el libro, primero un tanto escéptico ante la probabilidad muy alta de estar ante otro ladrillo de datos, fechas y cifras. Mi sorpresa fue muy grata. El libro se lee casi como una novela de aventuras, pero llena de reflexiones, anécdotas, pero todo cuidado y con gran rigor. Podemos encontrar las referencias en la que sustenta sus dichos. Otro aspecto fundamental es que la obra no nos “vende” la idea –muy usada en las escuelas- del científico como un genio que saca de la chistera el conocimiento. No. *Las lagartijas no se*

hacen preguntas plantea a la ciencia como una construcción social, como un esfuerzo colectivo, si negar la existencia de hombres y mujeres muy brillantes que se plantaron sobre le conocimiento ya construido para ir forjando uno nuevo, que muchas veces constituyó el elemento central de grandes revoluciones. Newton no se sentó debajo de un árbol a pensar y cuando le golpeó la cabeza una manzana, entonces descubrió las leyes de la gravitación universal... Newton, en cambio, era un hombre muy estudioso que comprendió las grandes preguntas que sus antecesores y sus propios contemporáneos se hicieron y usó ese conocimiento para responder él mismo las grandes preguntas de su tiempo.

Leonard Mlodinow es un doctor en física y miembro del California Institute of Technology, becario del Instituto Max Plank de Física y astrofísica en Múnich (Alemania). Ha publicado dos libros anteriores *El arcoíris de Feynman* (2004) y *El andar del borracho* (2008), ambos en editorial Crítica.

Recomiendo ampliamente este libro, tanto para estudiantes como profesores, es un viaje de aventuras fascinante e inspirador. Obligado para cualquiera que desee comprender la ciencia y su método...



Foto: TEDx Bratislava



Aunque el significado estricto de la palabra **-albura-** es "*blancura ideal*" y de **-duramen-** "*parte dura*", ambos son términos utilizados como partes que conforman la madera.

Justo bajo la corteza, la parte más externa del tallo o ramas de un árbol, se encuentra la **albura**, una porción de tejido biológicamente activo, la que es considerada como "madera viva", que tiene como principal función la conducción de agua de las raíces al follaje. Generalmente la albura es la parte de la madera más suave, más ligera y siempre de color muy claro, lo que le da el término popular de "lo blanco de la madera".

En comparación, el **duramen**, que es la parte más interna del tallo de los árboles, formada a partir de la albura, siempre presenta un color más oscuro, ya que es un tejido con células muertas, sin actividad conductora. Debido al color que éste puede presentar, se le conoce como "el corazón de la madera".

La **albura** es un conjunto de células parenquimatosas que combina células vivas y muer-

tas, con niveles elevados de humedad que proporcionan las características de mostrar una baja densidad y alta permeabilidad. Es una parte de la planta que proporciona soporte y estructura, almacenamiento de sustancias de reserva y facilita la distribución de la savia.

Cuando estas células de parénquima mueren, la albura se convierte en duramen, quedando en la zona central del tronco. Durante el crecimiento de los árboles, las células de la albura más internas, transportan las sustancias de reserva a las más jóvenes (cercanas a la corteza); refuerzan su pared celular con mayor contenido de lignina; en las que también se acumulan sustancias como taninos, aceites, gomas, resinas, pigmentos, compuestos aromáticos, carbonato de calcio y sílice; sucede el bloqueo de los vasos conductores con tílides (protuberancias celulares que tapan un vaso); se desintegra el contenido celular y mueren, formando el duramen. Su principal función es proporcionar una estructura interna fuerte y resistente, como apoyo para sostener todo el peso de las ramas y la copa de los árboles. El duramen por contener este tipo de sustancias, es mucho más duro, pesado y resis-

* Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias en Tecnología de la Madera, de la Facultad de Ingenie-

ría y Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

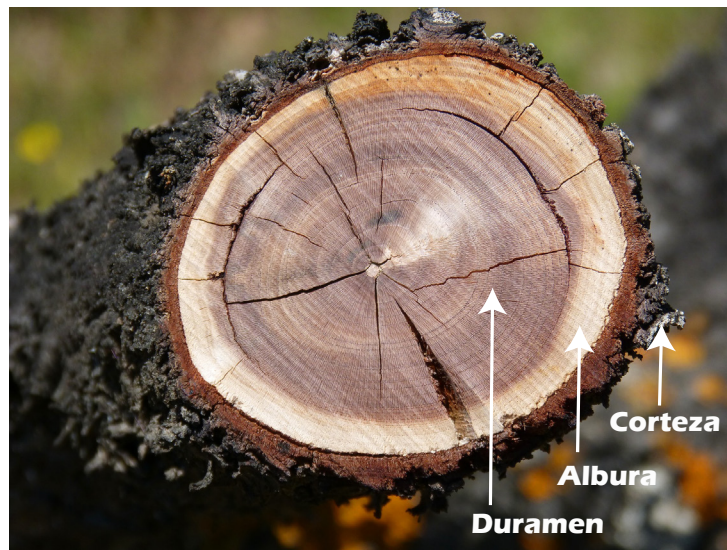
tente que la albura, además de resistir el ataque de hongos e insectos.

Pero, definir qué son la albura y el duramen, y determinar sus características, no solo es para reforzar el conocimiento sobre la estructura de un árbol, sino que tiene una gran importancia en la industria de la madera. Cuando se desarrolla un informe técnico sobre una madera, deben de especificarse las características de la albura y del duramen para dar a conocer las propiedades de la misma. El análisis de la albura y el duramen es esencial para determinar la resistencia de la madera.

La proporción **albura-duramen** varía en diferentes especies, lo que determina la calidad de una madera. Esta proporción y las características del duramen son útiles para la clasificación de las maderas, que por su dureza se dividen en dos grupos: maderas blandas y maderas duras.

Las maderas blandas son ligeras, de crecimiento rápido (se observan bien los anillos de crecimiento), de color claro, nudos pequeños, fáciles de trabajar y de bajo costo. Se emplean para trabajos en los que no se necesita gran solidez como embalajes, cajas, tablas, muebles funcionales sencillos y pasta de papel. Éstas provienen de árboles de hojas perennes, generalmente resinosos como los pinos, ciprés, abeto y cedro.

Las maderas duras son compactas, con poca resina y escasos



nudos, de mayor densidad, de crecimiento lento (anillos anuales muy juntos, casi no se diferencian), más difíciles de trabajar, con una amplia gama de colores, y en general de mayor calidad y precio. Se emplean en trabajos de ebanistería, muebles más compactos, instrumentos musicales, interiores de barco y para obras estructurales. Éstas provienen de árboles de hoja caduca como el roble, el castaño, el nogal, el olmo y la caoba.

Entre los árboles con duramen más valioso por su coloración y resistencia, por lo que son muy cotizados ya que son considerados fuente de maderas preciosas, tenemos al ébano (*Diospyros spp.*, familia Ebenaceae) de madera negra, a la caoba (*Swietenia spp.*, familia Meliaceae) de madera brillante y a la teca (*Tectona grandis*, familia Verbenaceae) de madera resistente y ligera.

El palo de rosa (*Dalbergia nigra*), árbol que crece en Brasil, es muy cotizado por producir un duramen violeta con rayas negras irregulares, cuya madera es de las más finas del mundo, que se usa para fabricar muebles de alta clase, para revestimientos de madera y armazones de piano, teclados de instrumentos musicales, mesas de billar, marquetería y tallado. Otras especies de *Dalbergia* presentan este tipo de duramen y son utilizadas para la elaboración de guitarras, como *D. congestiflora* que habita en México y particularmente en Michoacán, que tiene un duramen de color púrpura.



La
ciencia
en el
cine

El nombre de la rosa

Horacio Cano Camacho



Yo doy la clase de Metodología y Comunicación de la Ciencia a estudiantes del programa de doctorado en ciencia biológicas de la Universidad Michoacana y en algún momento les hablo de un principio metodológico de parsimonia y economía para seleccionar entre hipótesis que compiten entre ellas. Este principio se le atribuye a William de Ockham, un monje que vivió en la alta edad media. Todo indica que Ockham no planteó tal regla, pero como hacía uso frecuente de ella, pues ahora se la atribuimos.

Qué dice este principio, también conocido como el "Rasero de Ockham" (o simplemente Rasero o navaja de Occam): *Cuando existan dos o más hipótesis que expliquen el mismo fenómeno, la más sencilla suele ser la correcta (más no necesariamente la verdadera)*. La idea es que tengamos una forma racional de seleccionar explicaciones cuando hay varias respuestas. Dicho en términos muy simples, si yo veo una luz titilante en el cielo, cuyo origen y naturaleza desconozco, puedo pensar que 1) se trata de extraterrestres que me están vigilando; 2) Son las señales de un avión u otra aeronave que va pasando; 3) No hay tal señal y se trata de una ilusión óptica... Puede incluso existir más respuestas posibles. La razón me lleva a asociar referencias como espacio, tiem-

po, rutas, cercanía de aeropuertos, experiencias previas y seleccionar la explicación más racional, pero que tienen más asideros en los hechos...

Todo indica que la regla fue simplificándose con el tiempo y en realidad la propuesta original era más o menos así: *Nada debería ser postulado sin una razón dada, a menos que sea evidente, conocido por experiencia o demostrado por la autoridad de la Sagrada Escritura...* Todo esto vienen a cuento por que el tal Guillermo, nacido en el pueblo de Ockham, condado de Surrey, era un fraile franciscano muy listillo, estudioso de la lógica, la medicina y la teología y que murió de peste negra.

Cuando platicamos en clase de esta regla no resisto la tentación de hablar de la novela cumbre de Umberto Eco, cuyo protagonista central es William de Baskerville y todo indica que éste se inspiró en Ockham. Es un monje franciscano que acude a un cónclave en un monasterio anclado en la misma época en que el otro fraile vivió. Y Baskerville asiste a este lugar para discutir con los frailes de otra orden, los dominicos la pobreza de Jesús. William de Baskerville es un hombre culto que hace uso de la lógica y la metodología científica (al menos lo que luego sería la ciencia) para enfrentar una serie de sucesos

que requieren una explicación racional... Es cierto que también pudo inspirarse en Sherlock Holmes, el personaje central de Arthur Conan Doyle y cuya novela más famosa se llama precisamente *El perro de los Baskerville*, en donde el genial detective hace uso frecuente de este principio metodológico. Vaya usted a saber, Umberto Eco nunca nos lo dijo.

Y la novela inspiró la película del mismo nombre, una coproducción de Italia, Francia y Alemania, dirigida por Jean-Jacques Annaud en el año de 1986. Claro, siempre les recomiendo la novela, pero la película también es interesante.

La trama es claramente un novela de detectives, situada en el siglo XIV. William de Baskerville (Sean Connery), acompañado de su pupilo y aprendiz, el novicio Adso de Melk (un jovencísimo Christian Slater) para asistir a un debate entre franciscanos y los monjes dominicos, enviados del Papa, por ese entonces afincado en Aviñón, Francia.

Ambos grupos presentan posturas radicalmente distintas en torno a conceptos como la forma de honrar a Dios. Mientras que los franciscanos sostienen que es la pobreza de bienes materiales, la entrega al bien común y la vida espiritual. Los enviados del Papa sostienen que es la

riqueza y la posesión de bienes lo que engrandeció al Señor (creo que en la realidad ganaron los segundos...). Estas discusiones verdaderamente se dieron en la época situada en la novela y la película y terminaron con muchos en la hoguera de la inquisición o los más radicales incluso, en guerras que desangraron a la Europa de la edad media. No es mínimo ni banal el debate, lo que se está dirimiendo es el poder mismo de una organización que pretende dominar y expoliar al mundo, no convertirlo ni salvar su alma.

William de Baskerville llega a una abadía de pacíficos frailes benedictinos y de inmediato es requerido por el abad para resolver una serie de crímenes misteriosos que tienen sumida a la comunidad en el terror. Baskerville fue un inquisidor *sui generis* que destaca por su inteligencia y perspicacia. Seguidor de Roger Bacon y el mismo Ockham, promotores de la ciencia y el pensamiento lógico y racional, usará sus dotes para investigar y desentrañar los secretos de la abadía.

A mismo tiempo (en la novela infinitamente más que en la película) Umberto Eco nos va sumergiendo en la historia de esa época convulsa, mostrándonos un mundo dominado por la superstición, la intolerancia y el sometimiento



al poder “espiritual” de la Iglesia Católica que no soporta la más mínima disidencia. No obstante este ambiente oscuro y terrible, hombres como el representado por William de Baskerville van sembrando las semillas de lo que se convertirá en la ciencia, el mejor instrumento para obtener conocimiento y liberarse del oscurantismo y la esclavitud del miedo.

El secuestro del conocimiento es representado por la biblioteca de la abadía, un edificio impresionante y terrorífico por si mismo, que resguarda los miles de libros que diferentes culturas y épocas han sido producidos por el intelecto humano. Esos libros (copiados a mano por los frailes) han sido sustraídos de los ojos y la curiosidad de los hombres por que, ha decir de su guardián principal, el fraile Jorge de Burgos (claramente inspirado en la figura de Jorge Luis Borges, ciego, enormemente culto y director de la biblioteca de Buenos Aires, a quien Eco le rinde así un homenaje), un hombre tan sabio como fanático.

La película transcurre mostrándonos como el ingenio y el método inductivo (previo al método científico moderno) ideado por Roger Bacon, precisamente y la lógica de Ockham, William de Baskerville va descubriendo que todo mundo en la abadía tiene algo que ocultar: vicios de la carne y del espíritu. Por ello Jorge de Burgos protege con tanto celo el conocimiento, para evitar, según él, la lujuria del intelecto.

La novela, esto es el libro, consiguió un éxito rotundo, con millones de lectores en todo el mundo. Tantos que el mismo Umberto Eco se dijo siempre sorprendido. Han surgido debates, talleres, libros sobre el Libro y cualquier cantidad de mitos y enigmas en torno a esta obra. El título mismo –El nombre de la rosa- continuará

siendo un misterio que Eco nunca quiso revelar. La inspiración de los personajes, los sitios que nombra, todo está envuelto en una nube de misterios.

Pero todo ello es adicional a su calidad, la cual es innegable. El nombre de la Rosa ha sido colocado por diversas encuestas como uno de los libros más importantes e influyentes del Siglo XX.

La película no desmerece. A pesar que una cinta no puede ser un reflejo fiel de el libro que la inspira, y que debemos considerarla un obra por si misma, es bastante cercana. El ambiente, los personajes, los sucesos históricos están muy bien representados. Un acierto muy notorio es la elección del reparto, iniciando por Sean Connery y un personaje que ya verán circular por la cinta, el fraile Salvatore, caracterizado magistralmente por Ron Perlman y Bernardo Gui, el inquisidor temible a quien dio vida Murray Abraham.

La película consiguió muchos premios, entre ellos el “César” de la Academia Francesa como la mejor película

“extranjera” en 1987; dos premios Baf-ta (el Oscar Inglés) al mejor actor y el mejor maquillaje.

Vea la película, lea la novela y adéntrese de una manera apasionante en el origen de la ciencia moderna en la época menos impensable. Además inicie una reflexión en torno al papel del conocimiento como una fuerza liberadora. La película está disponible prácticamente en todos los formatos...



Experimenta

Auto-globo-cohete

Crea tu auto

- 1.- Toma la botella de agua de plástico, ésta será el cuerpo del auto.
- 2.- Coloca las ruedas a los lados con las tapas de botellas. Esto se hace cortando los popotes en dos. Utiliza la cinta de embalar o enmascarar para pegarlos a la carrocería. Los 4 alfileres servirán como los ejes de las ruedas. Insértalos en los popotes para evitar que se tuerzan las ruedas.
- 3.- Usa el martillo y un clavo para hacer agujeros a través del centro de las 4 tapas de botellas.
- 4.- Parte la pinza de madera en dos, aproximadamente 4cm más largas que los sorbetes cortados.
- 5.- Inserta las pinzas de madera a través de los agujeros centrales de la tapa de la botella.
- 6.- Pon a prueba tu coche para asegurarte que las ruedas giren sin problemas.

Ahora el globo cohete

- 1.- Toma el globo e ínflalo.
- 2.- Crea una boquilla uniendo 4 popotes entre sí.
- 3.- Inserta el popote en la abertura del globo y aplica cinta de enmascarar alrededor de ella para asegurar la posición del popote en la apertura del globo.
- 4.- Asegúrate que no haya otro lugar para que salga el aire más que por el popote que acabas de insertar. Ojo: El tamaño de la boquilla es importante, ya que una muy estrecha impedirá que el aire se escape libremente del globo, lo que afectará la velocidad de tu globo cohete. Por otro lado, si la boquilla es demasiado amplia, el aire se escapará demasiado rápido, lo que afectará la distancia de recorrido de tu auto.

Por último, conecta el globo cohete al auto

- 1.- Pídele a un adulto que corte una X en la parte superior del auto con un cuchillo.
- 2.- Después enhebra la boquilla a través de la abertura y hacia la abertura de la botella de plástico. Deja una pulgada de la boquilla que sobresalga de la abertura de la botella. ¡Y listo!

Y ahora, ¡a jugar!

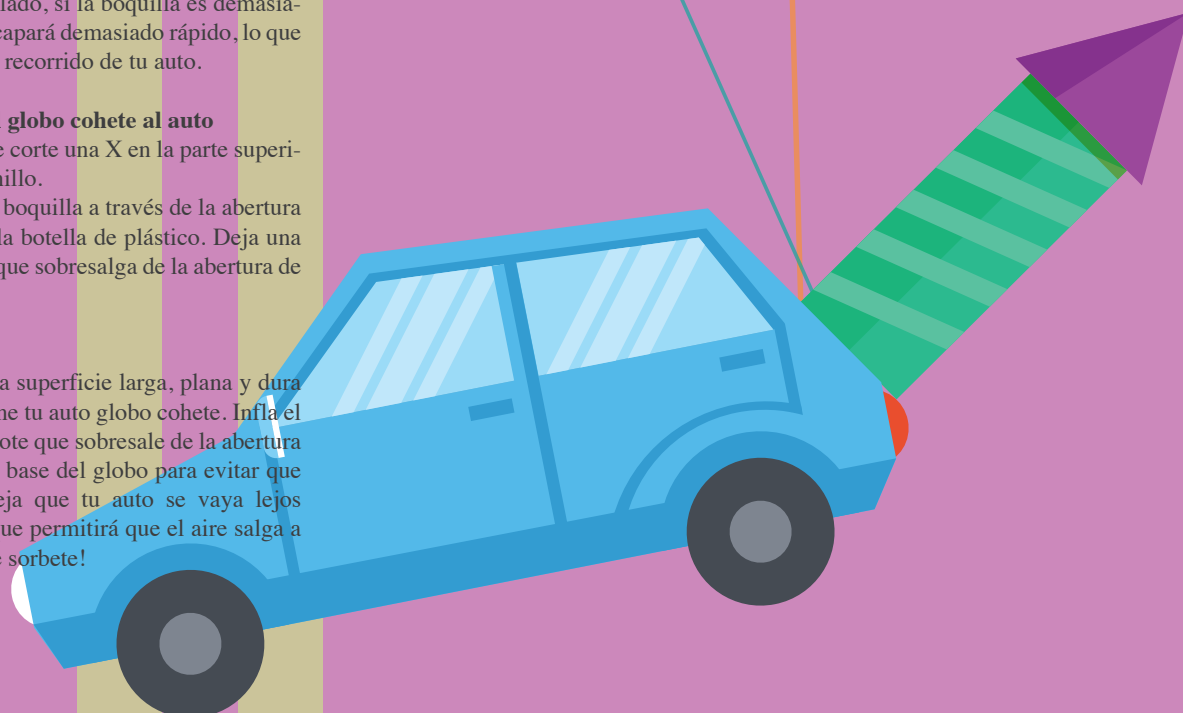
Ubica tu auto sobre una superficie larga, plana y dura para probar que funcione tu auto globo cohete. Infla el globo utilizando el popote que sobresale de la abertura de la botella. Sostén la base del globo para evitar que el aire se escape. ¡Deja que tu auto se vaya lejos soltando el agarre, lo que permitirá que el aire salga a través de la boquilla de sorbete!

Tercera Ley del Movimiento de Newton

Presta atención al experimento del auto globo cohete y observa que en cuanto sueltas el agarre, el aire se escapa a través de la boquilla de sorbete, propulsando el auto a través de la superficie plana en la dirección opuesta, ya que el aire del globo está bajo presión. Aquí, el aire que se escapa del globo es la acción, mientras que el auto que se mueve en dirección opuesta ilustra la reacción.

Toda acción tiene una reacción igual y opuesta

Poder crear tu propio Auto Globo Cohete debe ser una de las experiencias más emocionantes que puedes hacer en tu casa con tus amigos y familiares





Somos exploradores

Universidad Michoacana



COORDINACIÓN
DE LA INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA



UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
Cuna de héroes, crosol de pensadores

