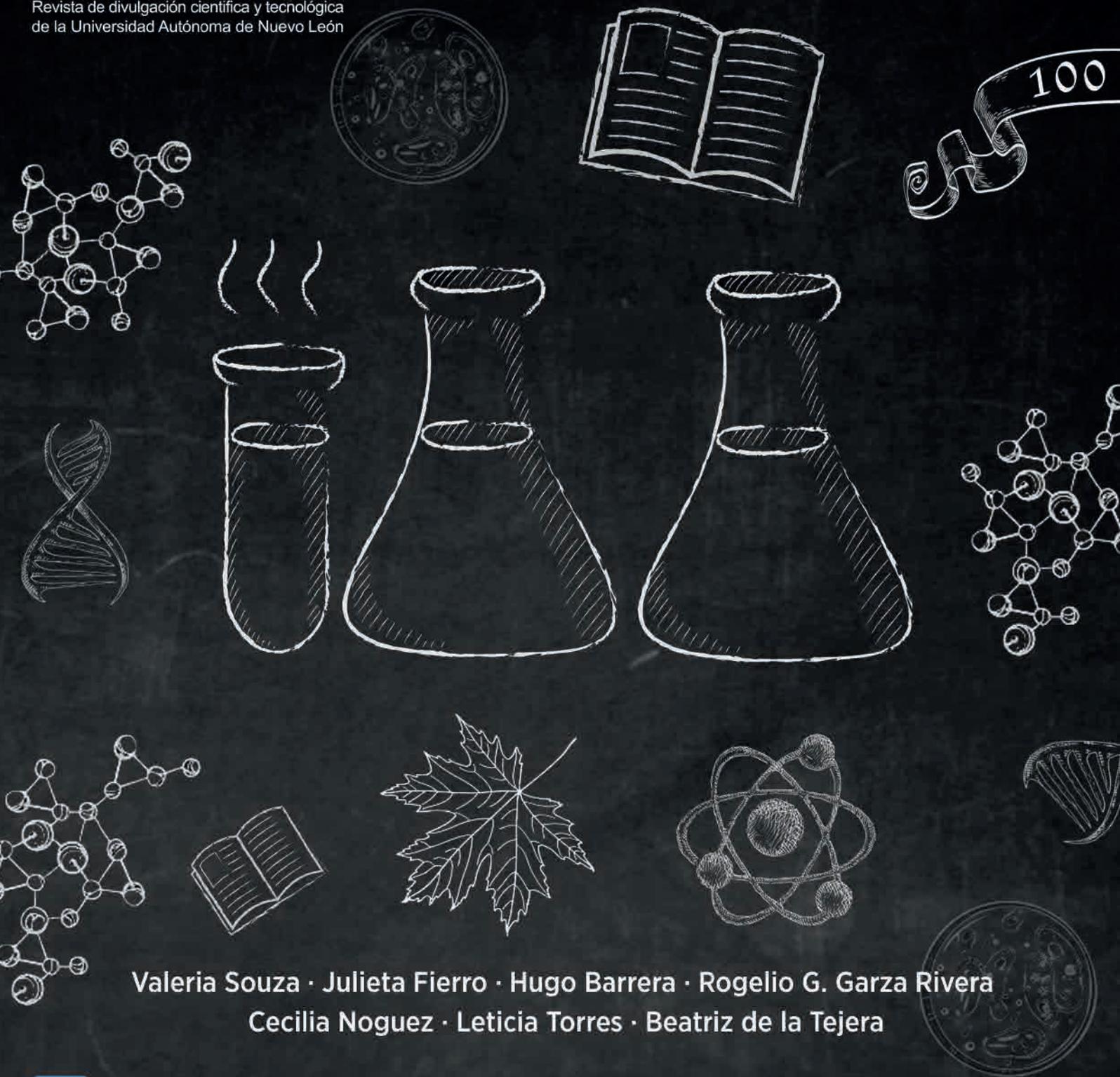




CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



Valeria Souza · Julieta Fierro · Hugo Barrera · Rogelio G. Garza Rivera
Cecilia Noguez · Leticia Torres · Beatriz de la Tejera



Año 23,
Número 100
marzo - abril 2020

ISSN: 2007-1175



Una publicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Mtro. Rogelio Garza Rivera
Rector

Dr. Santos Guzmán López
Secretario general

Dr. Juan Manuel Alcocer González
Secretario de investigación científica y desarrollo tecnológico

Directora editorial: Dra. Patricia del Carmen Zambrano Robledo

Consejo editorial

Dr. Sergio Estrada Parra / Dr. Jorge Flores Valdés /
Dr. Miguel José Yacamán / Dr. Juan Manuel Alcocer González /
Dr. Ruy Pérez Tamayo / Dr. Bruno A. Escalante Acosta /
Dr. José Mario Molina-Pasquel Henriquez

Coordinadora editorial: Melissa Martínez Torres

Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores

Diseño: Mónica Lozano

Correctora de inglés: Mónica L. Balboa

Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas

Asistente administrativo: Claudia Moreno Alcocer

Portada: Francisco Barragán Codina

Webmaster: Mayra Silva Almanza

Diseño de página web: Rodrigo Soto Moreno

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 23, N° 100, marzo-abril de 2020. Es una publicación bimestral, editada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236. Directora editorial: Dra. Patricia del Carmen Zambrano Robledo. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2013-062514034400-102. ISSN: 2007-1175 ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Licitud de Título y Contenido No. 16547. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 Sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 2 de marzo de 2020, tiraje: 2,500 ejemplares. Distribuido por: la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Publicación indexada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2020

revista.ciencia@uanl.mx

CIENCIAUANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Lourdes Garza Ocañas

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Ma. Aracelia Alcorta García

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dra. María Julia Verde Star

CIENCIAS NATURALES

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Veronika Sieglin Suetterlin

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Gloria María González González

CIENCIAS NATURALES

Dr. Sergio Moreno Linón

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Hugo Bernal Barragán

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Nora Elizondo Villarreal

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Blanca Mirthala Taméz

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. Yolanda Peña Méndez

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Héctor de León Gómez

ÍNDICE



6

EDITORIAL

8



CIENCIA Y
SOCIEDAD

El tema agroalimentario en la 4 T: aproximación inicial a las convergencias

Beatriz de la Tejera H., Ángel Santos O

17



OPINIÓN

Los siete magníficos... emprendimientos BIO!

Hugo A. Barrera Saldaña

32



EJES

Una breve reflexión de la Física del estado sólido

Cecilia Noguez

38



SECCIÓN
ACADÉMI-
CA

39

Análisis integral del desempeño de fotocatalizadores en la producción de hidrógeno

Leticia M. Torres-Martínez

50



CURIOSI-
DAD

Las ondas gravitacionales

Julieta Fierro

55

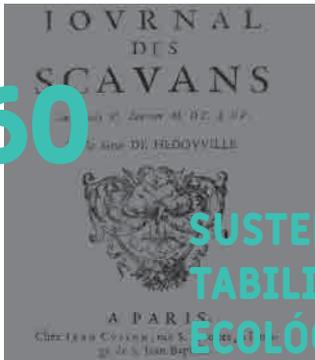


CON-
CIENCIA

Cuatro Ciénegas, Coahuila: el misterio del lugar más diverso del planeta

Valeria Souza Saldivar, Susana de la Torre-Zavala, Nahui Olin Medina-Chávez

60



SUSTEN-
TABILIDAD
ECOLÓGICA

El papel de las revistas en la sustentabilidad científica

Pedro César Cantú-Martínez

68



CIENCIA
DE FRON-
TERA

La suerte de poder colaborar para hacer Física teórica y aplicada. Entrevista con el doctor Rubén Gerardo Barrera y Pérez

María Josefa Santos Corral

78



CIENCIA
EN BRE-
VE

84

COLABO-
RADORES

Editorial 100

Como respuesta a la necesidad de contar con un medio adecuado para divulgar el quehacer científico realizado en la Universidad Autónoma de Nuevo León, en 1998, en la Biblioteca Universitaria “Raúl Rangel Frías”, vio la luz el primer número de la revista *CienciaUANL*, fundada por el Dr. Mario César Salinas Carmona.

Hoy, veintitrés años después de aquel primer número –que en su portada presentó un microscopio electrónico de transmisión relacionado con un artículo del Dr. Hugo Barrera Saldaña–, orgullosamente presentamos hoy nuestro número 100.

Sin duda ésta es una oportunidad inmejorable para hacer un ejercicio de retrospectiva, volver la vista atrás y observar cómo y cuánto hemos evolucionado.

CienciaUANL se ha editado ininterrumpidamente por más de dos décadas, siempre con entusiasmo, responsabilidad profesional y compromiso social. Poco a poco pasamos de un pequeño equipo de cinco personas, a un amplio grupo multidisciplinario, preparado y comprometido, con el cual nos hemos constituido como una publicación de relevancia institucional y editorial, no sólo como un órgano de divulgación científica y tecnológica, sino también como un faro de cultura y acervo histórico.

Nuestra filosofía ha sido la de trabajar, transformar y trascender, por ello somos una reconocida publicación científica, que además es semillero de talentos pues por nuestra revista han desfilado estudiantes, investigadores y profesionales que han adoptado la divulgación científica como parte fundamental de su quehacer diario.

La calidad siempre ha sido uno de nuestros pilares, y en nuestras páginas han escrito grandes personalidades que le han dado a nuestra revista el impulso necesario para mantenerse y crecer número a número. Hemos pasado de aparecer cada tres meses durante los primeros 15 años, a una frecuencia bimestral; de ser un órgano de difusión, a ser una publicación de divulgación que acerca cada vez más a la juventud a un mundo lleno de emoción y conocimiento.

No todo ha sido fácil, no siempre hubo bonanza, sin embargo, en nuestra redacción siempre ha permeado un espíritu de unidad, trabajo y mejo-

ra continua. Esto se refleja en los más de 1,000 artículos que se han publicado a lo largo de 99 números y en cada uno de los índices nacionales e internacionales en los que hemos logrado indexarnos: Periódica, Biblat, Actuality Iberoamericana, Cuiden, Latindex, Hemeroteca Latinoamericana y, desde 2013, el Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

En estos 23 años hemos cambiado mucho; desde mudar nuestras instalaciones de la Biblioteca Universitaria al Edificio del Centro de Internacionalización, hasta modernizarnos para darle la bienvenida al mundo digital y tener presencia en las redes sociales.

Actualmente, no sólo aparecemos de manera física, contamos con una versión *on line* donde se pueden consultar los artículos publicados a texto completo. Nos hemos salido de la rigidez que podría suponer un asunto como la ciencia y la tecnología, y hemos apostado por el cambio, por la frescura en los diseños para generar una publicación más amigable, visual e interesante, sin comprometer la calidad de nuestros contenidos.

Hace dos años incorporamos el

Digital Object Identifier (DOI) a todos nuestros artículos académicos y los hicimos extensivos a las publicaciones de las diferentes áreas de la Universidad, esto ha permitido incrementar la visibilidad de nuestras publicaciones, así como darles una identificación única a nivel mundial que nos permite ser citados de manera consistente.

Ciencia UANL llega a su número 100, y con él llegan nuevos retos, como crecer aún más en la distribución y traspasar las fronteras nacionales, integrando más a todos los protagonistas del conocimiento: estudiantes, profesores, investigadores y organismos públicos y privados.

En nuestros planes sigue estando aumentar nuestro tiraje, generar intercambios, atraer investigadores de otras universidades y latitudes, con el fin de darle un equilibrio a la revista, pero, sobre todo, el mayor reto: mantener la constancia y la calidad.

Sean bienvenidos a nuestro número 100, con el deseo de que estos primeros veintitrés años sean sólo el inicio de una larga vida de trabajo, transformación y trascendencia.

**MTRO. ROGELIO G.
GARZA RIVERA
RECTOR UANL**



EL TEMA AGROALIMENTARIO EN LA

4T:

**aproximación inicial
a las convergencias**

BEATRIZ DE LA TEJERA H. *, ÁNGEL SANTOS O. *

Es muy temprano para realizar una evaluación sobre las propuestas de la llamada 4T (cuarta transformación) en relación al tema agroalimentario, dado que recién se han formulado varias iniciativas de política pública en la administración federal actual, y otros pocos programas apenas se han iniciado y puesto en marcha. En ese sentido, lo que presentamos es sólo un primer intento por identificar coincidencias entre las propuestas de la 4T y un conjunto de propuestas que hemos planteado desde hace tiempo, en diferentes textos académicos, respecto a lo que hemos considerado deberían ser componentes importantes de una política pública dirigida a mejorar las condiciones del sector agroalimentario, y en particular de la población, principalmente rural y *rururbana*, vinculada directa y estratégicamente con este tema.

Para ello, recuperamos contenidos publicados con anterioridad en los que hemos expresado claramente nuestras ideas básicas sobre estos temas. Hemos considerado importante hacer esta reflexión inicial porque la comunidad académica juega un papel muy importante como voz crítica, eco y orientador de la sociedad, y eso implica ir haciendo los altos necesarios en el camino para

* Universidad Autónoma de Chapingo.
Contacto: bdelatejera@gmail.com

reflexionar sobre la relación de la academia con el Estado, para identificar tanto problemas como aciertos. Por otra parte, opinamos que nos encontramos ante una coyuntura muy importante en la vida de nuestro país, en la que los académicos requerimos mostrar abiertamente diferencias y convergencias, tanto con el Estado como al interior de nuestras comunidades, para impulsar y acompañar procesos participativos amplios de análisis sobre temas trascendentes, en este caso, los procesos agroalimentarios.



Este documento es, entonces, un muy breve recuento inicial, tanto por el carácter divulgativo como por su inmediatez, que pretendemos continuar en siguientes publicaciones. Hemos definido cuatro apartados: en el primero resumimos algunas ideas centrales en torno a lo que podríamos llamar un diagnóstico mínimo del tema, tanto desde nuestro punto de vista como del gobierno federal, para ubicar cuáles son los temas y preocupaciones compartidas. Como segundo apartado, recuperamos propuestas básicas que hemos formulado, en torno a temas agroalimentarios. A continuación, en un tercer apartado, enumeramos programas enunciados hasta ahora como parte del plan de la 4T vinculados a temas agroalimentarios, que recuperamos del último libro de López Obrador (2019), el cual resume la visión de la administración actual. Finalmente, cerramos este breve texto haciendo una reflexión general sobre algunas de las propuestas gubernamentales básicas del tema agroalimentario, dadas las convergencias identificadas y nuestra visión como universitarios y parte constituyente de la comunidad académica de nuestro país.



¿DIAGNÓSTICO COMPARTIDO?

Como señalábamos hace unos años (De la Tejera *et al.*, 2017), la inseguridad alimentaria en el mundo y en México es alarmante. En 2018 se estimaban, en promedio, 704 millones de personas que padecían esta situación en un nivel grave en el globo, y en México se calculaban, en sus niveles de inseguridad alimentaria moderada o grave, 36.2 millones, según la misma fuente (Faostat, 2020). Para enfrentar el problema, algunos países diseñaron programas específicos contra el hambre, lo mismo sucedió en México. Sin embargo, en la realidad, al momento de operar muchos de estos programas, las políticas agroalimentarias se han

sumergido en un régimen agroalimentario corporativo internacional (McMichael, 2015), donde ha dominado la hegemonía del mercado controlado por las grandes corporaciones trasnacionales y con un papel importante de los estados, que han cumplido el papel de asegurar los circuitos trasnacionales de los alimentos.

En el caso mexicano, las políticas agroalimentarias de las últimas décadas (hasta noviembre de 2018) se habían orientado a garantizar a la población el acceso, la disponibilidad y el abasto de alimentos, en concordancia con un concepto de seguridad ali-

mentaria en el que había jugado un papel muy importante la producción industrial en manos de grandes corporaciones, y se había marginado el autoabasto y la producción campesina (Acuña, 2015). El resultado de esta orientación en la política pública agroalimentaria fue un proceso de cada vez mayor dependencia alimentaria en el que el abasto de una proporción creciente de los productos alimentarios estratégicos en México ha dependido del exterior (De la Tejera *et al.*, 2017).

Como señalábamos desde hace casi dos décadas (Appendini, García y De la Tejera, 2003), la fuerza homogeneizadora, en la que las ventajas comparativas se realizan a través del comercio internacional liberalizado y se impone una división internacional del trabajo, fue capaz de subordinar lo nacional a lo global y favoreció la profundización de las desigualdades de todo tipo. Entre ellas, desigualdades entre el mundo rural y urbano, entre territorios, entre productores de diferentes cultivos y entre productores y comercializadores, todos estos procesos con múltiples contradicciones.

Por el lado de la producción, los niveles de dependencia agroalimentaria alcanzados después de tres décadas de caminar sobre la ruta de este régimen agroalimentario corporativo fueron impresionantes. De acuerdo a datos oficiales (Banxico, 2016), la balanza agropecuaria de México ha sido deficitaria durante casi todo este periodo (1988-2018), ya que sólo durante algunos años este déficit fue temporalmente resuelto por la exportación de algunas frutas, hortalizas, producción pecuaria y agroindustrial específicos (principalmente aguacate, berries, cerveza y tequila). Aun así, los niveles de dependencia alimentaria han sido muy altos, ya que, a lo largo de casi todo este periodo, hemos importado grandes cantidades de alimentos básicos, hasta alcanzar en 2016, por ejemplo, en promedio, aproximadamente la tercera parte del maíz del que disponíamos, 10% del frijol y, en arroz, las importaciones casi cuadruplicaron lo producido nacionalmente (375%). En trigo la importación en ese año fue 124% de lo producido (SIAP, 2016, en De la Tejera, Santos y Ayala, 2017). Para el último año, apenas empiezan a revertirse algunas de estas tendencias. Se reporta para el periodo octubre 2018-septiembre 2019, por ejemplo, que en arroz la relación entre lo importado y lo producido en el país se redujo de 4.23 a 4.08% y en frijol de 15 a 10% (SIAP, 2019).

En el rubro de la alimentación pasó lo mismo: se impusieron patrones de consumo homogeneizados de ciertos estilos y marcas, influidos por las empresas agroindustriales y comercializadoras, mayoritariamente corporaciones transnacionales. De esta forma, se han producido parale-



DICONSA

lamente dos procesos en México: por una parte, una “deslocalización” de los sistemas alimentarios, lo que a su vez produjo un debilitamiento de los vínculos entre alimentos y territorio, desde la producción hasta el consumo; por otra, un severo cambio alimentario. En este proceso, una proporción creciente de alimentos se tiene que adquirir en el mercado, situación reforzada por el veloz crecimiento de una población urbana en su mayoría desvinculada de la producción de alimentos.

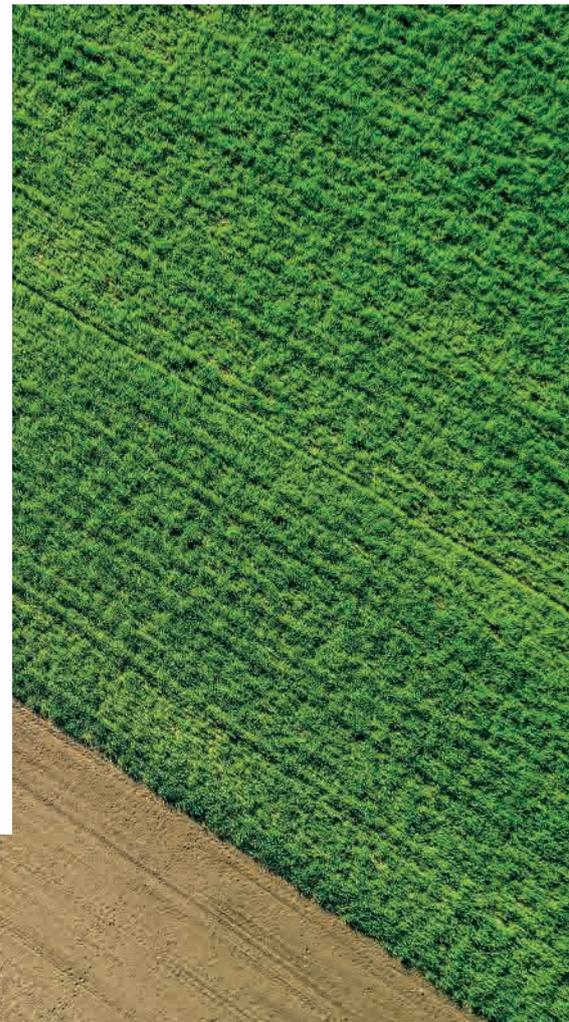
La política pública alimentaria reforzó también este proceso. Por ejemplo, durante 2015-2016 participamos en un proyecto de investigación colaborativa realizado a lo largo de todo México (Ayala *et al.*, 2016). En el proyecto se aplicaron poco más de tres mil encuestas (n=3199) a destinatarios del Programa de Apoyo Alimentario denominado Pal-SH (Programa Alimentario-Sin Hambre). El Programa proveía 18 productos alimenticios básicos a más de medio millón de familias y era operado por Diconsa, en coordinación con la Secretaría de Desarrollo Social. La muestra cubrió localidades dispersas en todo el territorio nacional. Pudimos constatar que la mitad de estos productos, como café soluble, chocolate en polvo, cereales de avena, chiles enlatados y leche en polvo, entre otros, eran producidos por transnacionales de alimentos y comprados y distribuidos por Diconsa con fondos públicos.



Se estimó entonces (Arana y Cabada, 2015) que estas compras representaban una proporción importante de las transferencias de 322 millones de dólares anuales mediante 717 mil tarjetas denominadas “sin hambre”. Adicionalmente, la incorporación de estos productos en el programa contribuía a sustituir los alimentos locales por procesados, generando enormes ganancias a las compañías. Esta modificación de hábitos alimentarios se vio también favorecida por la firma de convenios, por parte de estas dependencias con transnacionales como la empresa Nestlé, para realizar proyectos como el llamado “mi dulce negocio”. En este proyecto se “capacitaba” a 15 mil mujeres para elaborar y vender postres casa por casa (con productos Nestlé) para “autoemplearse y adquirir mayor educación nutricional”. Además de crear nuevas necesidades de consumo, se agudizaba el problema ya muy severo de obesidad y sobrepeso.

El diagnóstico de la actual administración federal respecto al sector es muy claro, cuando indica López Obrador (2019), en su publicación más reciente, estar en desacuerdo con:

... la concepción neoliberal, según la cual, el campo no tiene viabilidad económica y sus pobladores deben aceptar con resignación las condiciones impuestas por el mercado... la agricultura de exportación ha crecido, pero también se ha descuidado la producción para el mercado interno... el déficit en la balanza comercial alcanzó 4,365.2 millones de dólares en el trienio 2011-2013 y en el periodo TLCAN (1994-2015) se han importado alimentos por un total de 3,57,570.7 millones de dólares... cada año hemos tenido que destinar 16,253.2 millones de dólares para comprar alimentos... Tan sólo en el último sexenio se importaron 120 millones de toneladas de granos (maíz, frijol, trigo, arroz, sorgo y soya)... a causa del deterioro agropecuario, hemos perdido empleos rurales... En 1993, la población ocupada en el sector agropecuario era de 8,842,774 personas y para 2016 fueron 6,537,180 personas... no obstante, la importancia del Programa de Abasto Rural... en algunos sitios se vio afectado por desviaciones... en algunas tiendas diversos productos se vendían a un precio más alto que en el comercio privado... con un subsidio de por medio, es inaceptable... (López Obrador, 2019: 104-110).



Como puede observarse, están muy presentes, en esta visión diagnóstica del gobierno federal actual hacia el sector agroalimentario, tres elementos: la necesidad de cambiar las políticas erróneas hacia el campo por parte del sector público, en particular respecto a las condiciones impuestas por el mercado, la dependencia alimentaria y el abasto.

Estos tres elementos son totalmente coincidentes con la visión que hemos planteado en los textos citados: la vigencia de un régimen agroalimentario corporativo que impone ciertas condiciones del mercado para la producción y oferta agropecuaria y la alimentación y demanda alimentaria, una fuerte dependencia alimentaria como su derivado lógico y el papel estatal jugado hasta ahora en el fortalecimiento de estos procesos.

Considerando estos puntos convergentes en el diagnóstico, a continuación, revisaremos rápidamente, sólo a manera de ilustración, algunas propuestas centrales que hemos formulado, recuperando también propuestas estratégicas planteadas por la administración actual, para identificar, de igual manera, algunas convergencias iniciales, como sugerimos en el título de este trabajo.



PROPUESTAS CENTRALES EN TORNO A TEMAS AGROALIMENTARIOS

Reflexionábamos en un texto reciente (De la Tejera *et al.*, 2018) que, frente a estos serios problemas de vulnerabilidad ante el mercado internacional, dependencia económica y alimentaria del exterior, inseguridad y malos hábitos alimentarios, entre otros problemas centrales, ha prevalecido inequívocamente, de manera fundamental, la desigualdad económica. Enfrentar estos problemas requiere entender el problema agroalimentario en sus múltiples dimensiones y escalas, considerando desde la producción agropecuaria hasta el consumo e incluyendo actores rurales, periurbanos y urbanos. También implica analizar los procesos en sus distintas dimensiones: histórica, económica, política, cultural, tecnológica, productiva y social, al menos.

También es urgente iniciar búsquedas para encontrar salidas que permitan ir construyendo las difíciles resistencias a las tendencias dominantes de homogeneización y deslocalización alimentaria, y al mismo tiempo ubicar y acompañar las iniciativas múltiples de diversos actores que van emergiendo en nuestro país. Enfatizábamos que se requieren procesos de reconversión, desde el abasto de insumos en la producción agrícola hasta el acercamiento entre productores y consumidores, modificación de hábitos alimentarios, relocaliza-

ción de productos componentes de la dieta y una visión politizada de nuevas formas de reconstruir los procesos agroalimentarios al margen de los regímenes corporativos dominados por empresas transnacionales que sólo han profundizado las desigualdades sociales y económicas (De la Tejera *et al.*, 2018).

En otro artículo señalábamos que **...es estratégico buscar salidas para la recuperación de la seguridad y soberanía alimentarias, al menos en los productos estratégicos alimentarios que consume la mayoría de la población... el diseño de una política pública que pueda enfrentar adecuadamente estos retos... (la) coordinación (de los) programas públicos (e) instancias gubernamentales y no gubernamentales, instancias académicas y sectores sociales... una política orientada a satisfacer en mayor medida los requerimientos alimentarios de las familias pobres del país, rurales, urbanas y periurbanas.**



PROGRAMAS 4T VINCULADOS A TEMAS AGROALIMENTARIOS

Se consideraba urgente articular el abasto de los programas alimentarios con las ofertas regionales de productos y con los hábitos alimentarios regionales, además, para disminuir costos de operación y de transacción, mejorar la oportunidad del abasto, la calidad de los productos y fomentar, de manera significativa, la producción regional. Además, acortar canales de comercialización y relocalización alimentaria (De la Tejera, Santos y Ayala, 2017).

De lo anterior, podemos desprender un conjunto de planteamientos propositivos que responden al diagnóstico enumerado previamente, que quedaron plasmados en estos textos recientes y que podemos resumir en lo siguiente:

- a) La necesidad de entender el problema agroalimentario en sus múltiples escalas, considerando desde la producción agropecuaria hasta el consumo, lo que implica que se requieren procesos de reconversión desde el abasto de insumos hasta la producción y transformación agrícola.
- b) Analizarlo en sus distintas dimensiones: histórica, económica, política, cultural, tecnológica, productiva y social.
- c) Incluir en las propuestas de solución a los diferentes actores rurales, periurbanos y urbanos, así como el acercamiento entre productores y consumidores.
- d) Ir construyendo las difíciles resistencias a las tendencias dominantes de homogeneización y deslocalización alimentaria, que implica modificación de hábitos alimentarios y relocalización de productos componentes de la dieta.
- e) Avanzar en construir puentes, alianzas y articulaciones entre actores, regiones, productos, al margen de los regímenes corporativos dominados por empresas transnacionales.
- f) Iniciar la recuperación de la seguridad y soberanía alimentarias, en los productos estratégicos alimentarios que consume la mayoría de la población.

Para responder a retos y problemas centrales que se enunciaron en el apartado previo, el gobierno federal ha propuesto lo siguiente (López Obrador, 2019):

...ha sido prioritaria la recuperación del campo. Promover el desarrollo rural implica mejorar las condiciones de vida de los campesinos y fortalecer las actividades campesinas... no es fácil revertir el profundo deterioro del campo... pero también creemos que con una acción gubernamental decidida y eficaz a favor del medio rural y sus pobladores, será posible revertir la devastación y dar paso al progreso, al fortalecimiento cultural y al bienestar social.

- Se entrega, en forma directa, un apoyo económico para la siembra a 1,800,000 ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios.
- Se corrigió el vicio del acaparamiento de los subsidios por unas cuantas empresas agropecuarias.
- Se mantiene un eficaz programa fitosanitario en productos orientados al mercado mundial.
- Estamos procurando aumentar el crédito al sector agropecuario por medio de la banca nacional de desarrollo, y a través de la banca comercial en garantía de la hacienda pública, y se está fortaleciendo y limpiando el seguro agropecuario.
- Se está invirtiendo en la construcción y terminación de obras de infraestructura agrícola.
- Se inició el programa crédito ganadero a la palabra.
- Sembrando Vida es un programa que incentiva el establecimiento de sistemas productivos agroforestales, combinando la producción de cultivos tradicionales con árboles frutales y maderables, mediante el sistema de milpa intercalada con árboles frutales (MIAF)... orientado a poseedores de 2.5 hectáreas disponibles para proyectos agroforestales... Reciben un ingreso mensual de 5 mil pesos y apoyos en especie con acompañamiento técnico.

co... el plan es sembrar un millón de hectáreas y dar trabajo a 400,000 sembradores... se avanzó en 575,000 hectáreas y se crearon 230,000 empleos permanentes... se atempera el fenómeno migratorio y se produce madera, frutas y alimentos... rehabilitación de selva y bosque y rescate y protección de flora y fauna nativa.

- Prohibido el uso de semillas de maíz transgénico.
- Se creó el organismo público descentralizado denominado Seguridad Alimentaria Mexicana (Segalmex) encargado de administrar precios de garantía y abasto popular.
- Se establecieron los siguientes precios de garantía: maíz (\$5,610 pesos/tonelada) más \$150 para flete por tonelada, para productores de hasta cinco hectáreas y hasta 20 toneladas. Frijol (\$14,500/tonelada) para productores de 20-30 hectáreas de temporal o cinco de riego y hasta 15 toneladas. Trigo (\$5,790 por tonelada, hasta 100 toneladas); arroz (\$6,120 por tonelada, hasta 120 toneladas). Leche \$8.20 por litro, con un promedio de 15 l por vaca... la presencia de Liconsa ha pasado de 11 estados a 26, de 5,100 lecheros a 20,000 y se abrieron 35 nuevos centros de acopio.
- La canasta básica se integrará sólo por aquellos productos altamente prioritarios o básicos... Diconsa hará las compras directamente a los productores... al mayoreo... se dará preferencia a productos regionales...
- Se establecerán precios máximos para los productos de la canasta básica... se asegurará el abasto de maíz, al precio más bajo... sólo se venderá leche Liconsa... (López Obrador, 2019: 111-120).





A MANERA DE REFLEXIÓN...

Si partimos de los puntos destacados del diagnóstico y las propuestas derivadas, tanto por los autores como por el gobierno federal, en relación al tema agroalimentario, encontramos, a manera de resumen, lo siguiente:

Para afrontar las condiciones que ha impuesto el mercado y corporaciones para la producción agropecuaria, al menos en los productos más estratégicos de la dieta nacional, se establecieron precios de garantía en maíz, frijol, trigo, arroz y leche, y se han planteado medidas para reorientar el acaparamiento de los subsidios por grandes empresas agropecuarias. Se está proponiendo fortalecer el papel del Estado a través de la creación de un organismo público descentralizado denominado Seguridad Alimentaria Mexicana (Segalmex), encargado de administrar precios de garantía y abasto popular.

Para revertir la fuerte dependencia alimentaria, resultado de más de tres décadas, se propone entregar, en forma directa, subsidios para la siembra a ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios, prohibir el uso de semillas de maíz transgénico, y de manera fundamental incentivar el establecimiento de sistemas productivos agroforestales. También se plantea aumentar el crédito al sector agropecuario y la construcción y terminación de obras de infraestructura agrícola. Destaca que los apoyos antes prioritarios orientados a la agroexportación de productos seleccionados, ahora se menciona sólo en términos de un programa fitosanitario en productos orientados al mercado mundial.

En relación al tema alimentario y de abasto, se apunta claramente al problema de definición de “la canasta básica”, atacando las distorsiones encontradas en la investigación realizada, cuando se señala que se integrará sólo por aquellos productos altamente prioritarios o básicos y sólo se venderá leche Liconsa, que Diconsa hará las compras directamente a los productores, al mayoreo, y que se dará preferencia a productos regionales. El problema de precios mencionado se enfrenta con la medida de establecer precios máximos y asegurar el abasto de maíz, al precio más bajo...

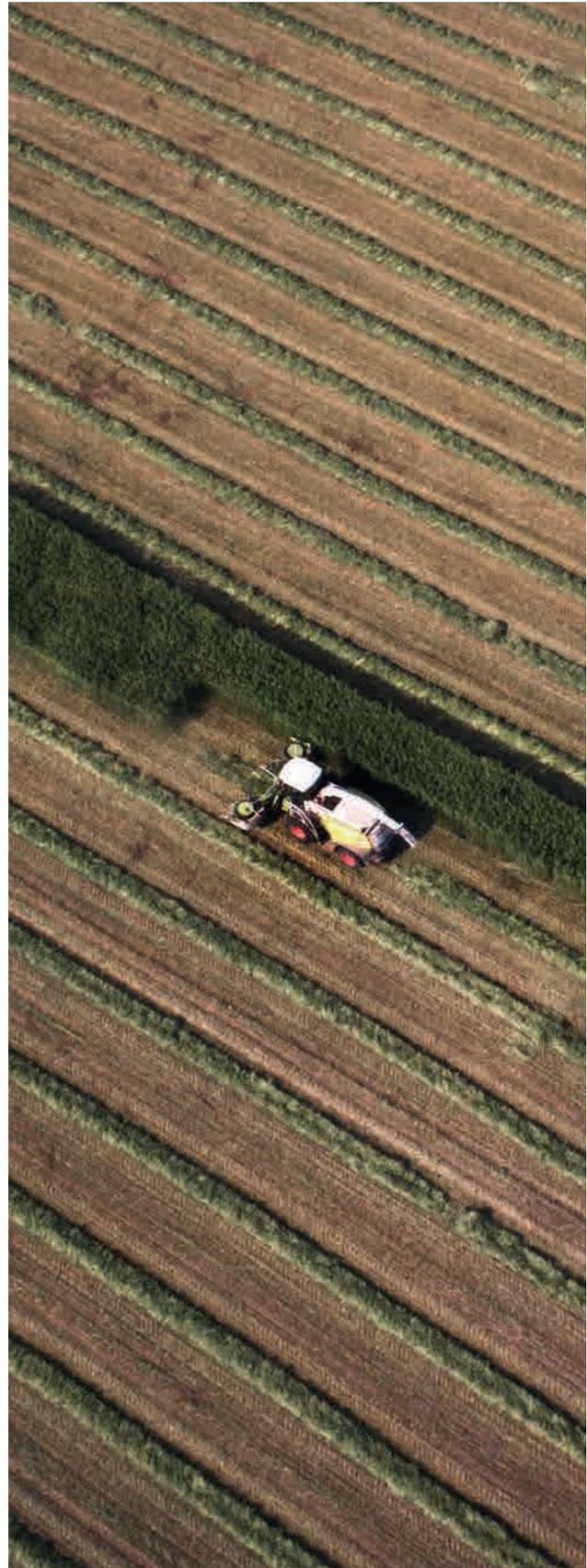
De esta manera, consideramos que se dan pasos importantes en la solución de algunos de los problemas estratégicos en los que coincidimos con la administración actual, si bien, habrá que “dar tiempo al tiempo...” y dar seguimiento a la ejecución y diseño específico de cada uno de los programas y propuestas. Falta aún, desde nuestro punto de vista, una perspectiva más integral e intercalar del tema agroalimentario, incluir en las propuestas de solución a los diferentes actores. Es estratégico, como mencionábamos, ir construyendo verdaderos procesos de participación local-regional-nacional que puedan oponerse eficientemente a las tendencias dominantes, tanto de homogeneización productiva como alimentaria, y brindar alternativas amplias a los controlados circuitos de comercialización corporativa y transnacional, pero pensamos que se inician caminos por la recuperación de la seguridad y soberanía alimentarias.

La modificación de hábitos alimentarios y relocalización de productos componentes de la dieta es una tarea de mediano y largo plazo, pero parece que hay voluntad en los centros neurálgicos de la política nacional para dirigir los recursos y esfuerzos en ese sentido. Nos queda avanzar en construir puentes, alianzas y articulaciones necesarias encaminados al bienestar de la mayoría de la población.



REFERENCIAS

- Acuña, R.O. (2015). *Aproximaciones al vínculo entre la política social y el problema alimentario en el México rural*. Ponencia Congreso ALAS 2015.
- Appendini, K., García, R., y De la Tejera, B. (2003). Seguridad alimentaria y calidad de los alimentos: ¿una estrategia campesina? *European Review of Latin American and Caribbean Studies*. 75: 65-83.
- Arana, M., y Cabada, X. (2015). Las políticas de nutrición como rehén de las transnacionales y los conflictos de interés: la epidemia de obesidad y diabetes en México. *Observatorio del derecho a la alimentación y a la nutrición*. Pp. 77-79.
- Ayala, A., De la Tejera, B., López, R., et al. (2016). *Informe final: estudio de seguimiento 2015 de la satisfacción de los beneficiarios del Esquema-PAL-SINHAMBRE*. México: UMSNH.
- Banxico. (2016). Sistema de información económica. Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarDirectorioCuadros§or=1§orDescripcion=Balanza>
- De la Tejera, B., Santos, O., Méndez, L., et al. (2018). Procesos agroalimentarios en las relaciones rururbanas: un caso en el municipio de Morelia. En Guillermo Valdiviezo Ocampo y Guadalupe Ocampo (coord.). *Cambio socioterritorial y desarrollo local*. Edit. UNACH-Colofón. Pp. 53-75.
- De la Tejera B., Santos, A. (2017). Hacia el fortalecimiento de la capacidad de producción alimentaria en el campo y la ciudad mexicanos: una mirada desde los hogares marginados. En Dante Ariel Ayala Ortiz (coord.), *Universidad y programas sociales*. Colección Centenario-UMSNH-Porrúa-UMSNH. Pp. 147-164.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO/STAT). (2020). *Datos de seguridad alimentaria*. Disponible en: fao.org/faostat/es/#data/FS
- López-Obrador, A.M. (2019). *Hacia una economía moral*. México: Edit. Planeta.
- McMichael, P. (2015). *Regímenes alimentarios y cuestiones agrarias*. México: Porrúa.
- Servicio de Información Agroalimentaria (SIAP). (2019). *Boletín mensual/Balanza disponibilidad-consumo*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader). Noviembre.





Opinión

Los siete magníficos... **¡emprendimientos BIO!**

Hugo A. Barrera Saldaña*

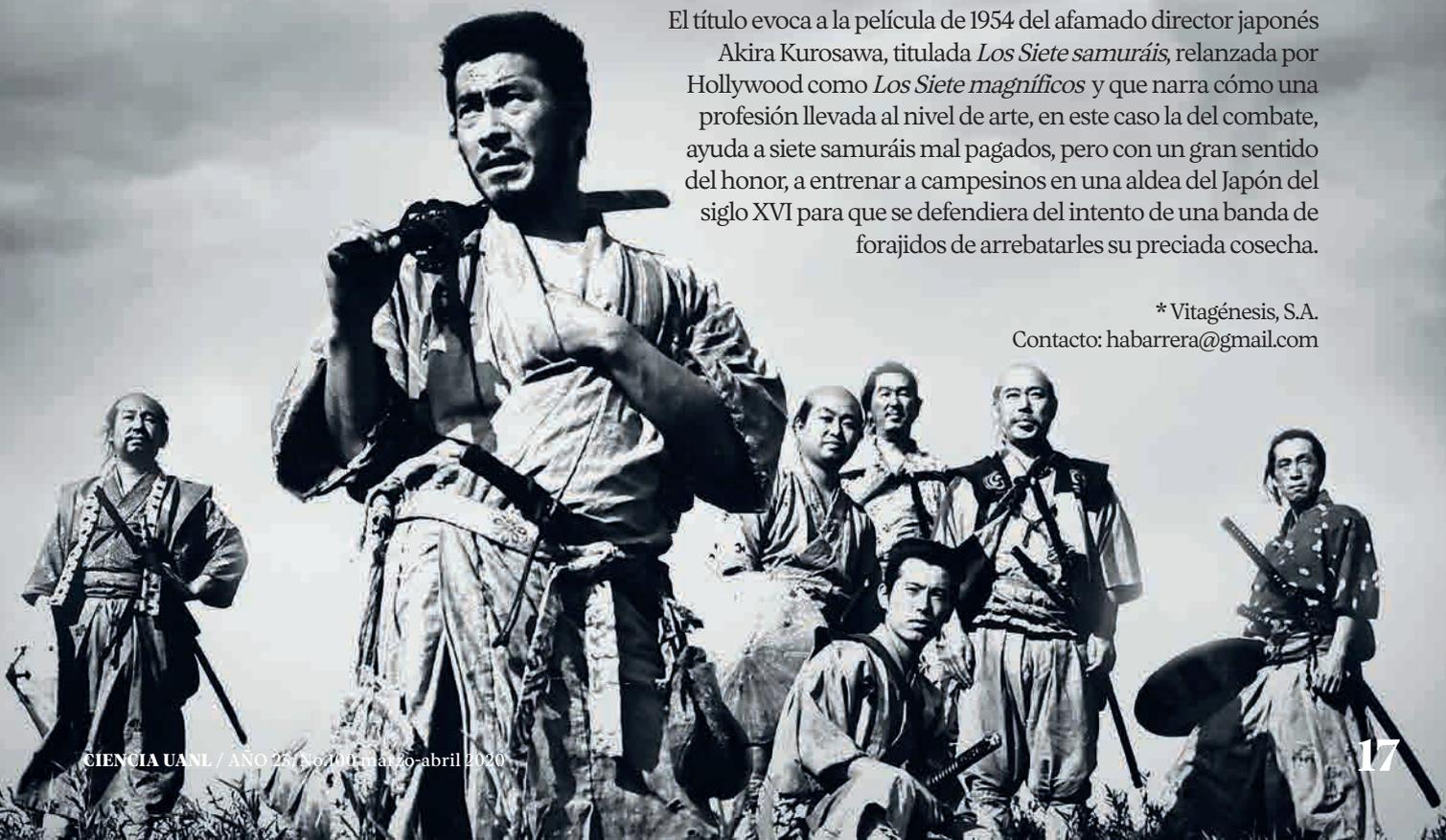
*En las instituciones hay felices e infelices.
Sólo los primeros tenemos el privilegio de contribuir a su grandeza.*

El autor

ADVERTENCIA: LA ACADEMIA, PRACTICADA CON FELICIDAD, ES AQUÍ RECONTADA CON PASIÓN Y ORGULLO

El título evoca a la película de 1954 del afamado director japonés Akira Kurosawa, titulada *Los Siete samuráis*, relanzada por Hollywood como *Los Siete magníficos* y que narra cómo una profesión llevada al nivel de arte, en este caso la del combate, ayuda a siete samuráis mal pagados, pero con un gran sentido del honor, a entrenar a campesinos en una aldea del Japón del siglo XVI para que se defendiera del intento de una banda de forajidos de arrebatarles su preciada cosecha.

* Vitagénesis, S.A.
Contacto: habarrera@gmail.com



Nuestras universidades y tecnológicos preparan valiosos *cultivos* en la forma de jóvenes deseosos de emprender una carrera de científico o de tecnólogo. El transformarles en magníficas *cosechas* depende de que nosotros, los “samuráis” de la academia, les instruyamos en nuestras artes.

A continuación, y con el muy honorable acompañamiento de siete equipos de *samuráis*, van sendos relatos de aventuras forjando en México, y desde el noreste de éste, instituciones sin parangón en las artes de la investigación científica, la educación superior, el desarrollo tecnológico y el emprendimiento.

PRÓLOGO: SUEÑOS Y PASIÓN POR DEVENIR UN PROFESOR EN MÉXICO

Pasar del entrenamiento doctoral en las mejores instituciones de investigación del mundo (Universidades de Texas en Houston y Louis Pasteur de Estrasburgo) a ser un investigador independiente en las nuestras, es sin duda uno de las travesías más difíciles que enfrentan los académicos que nos dedicamos en cuerpo y alma a la ciencia. La ruta rumbo a la cumbre es siempre cuesta arriba, llena de obstáculos y de puestos de control con interminables revisiones por pares muy exigentes para permitir en cada tramo el paso al siguiente.

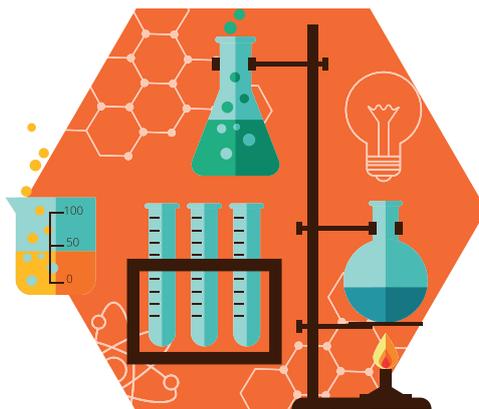
Dicen unos que para alcanzar la cumbre del éxito se requiere de suerte; otros, del estar preparados para

tomar las mejores decisiones. Después de habernos preparado sobradamente en los entrenamientos en el extranjero, la suerte desvió nuestra intención de regresar a la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL y nos llevó hacia la de Medicina, pues la primera experimentaba, a inicios de la década de 1980, una crisis política y, nuestro amigo, el director en turno, a quien el rector ni siquiera reconocía, se disculpó con nosotros por no poder ofrecernos una plaza. Fue así que, a mediados de 1984, iniciamos una travesía en pos de nuestro sueño de adolescentes: *arrancarle los secretos a la vida*.

En esa travesía, fuimos gestando y forjando emprendimientos cívicos y empresariales *in crescendo*, empezando en un rincón abandonado en nuestra *alma mater* y llegando a abarcar tareas continentales.

Sin embargo, al ser universitarios felices, pronto razonamos: ¿de qué sirve desarrollar habilidades para sobrevivir y triunfar haciendo ciencia de clase mundial frente a tanta adversidad, si no se ponen al servicio de los demás?

A continuación, va el recuento de la quijotesca travesía de un joven universitario que soñó con convertirse en un profesor digno y útil para su pueblo, y que acabó liderando a otros como él para escalar juntos siete cumbres del mundo académico y empresarial: *¡Los siete magníficos emprendimientos BIO!*



PRIMER EMPRENDIMIENTO: LA ULIEG DE LA FM-UANL (1984-2003)

A nuestra llegada, tuvimos la suerte de encontrarnos con personajes felices en los puestos de liderazgo (Jefatura Departamental, Subdirección de Pregrado y Dirección de la Facultad de Medicina), quienes nos asignaron un generoso espacio para reorientar sus programas de investigación y posgrado en Bioquímica, hacia la entonces nueva disciplina de la Biología Molecular, en la que precisamente nos habíamos entrenado.

Llegaron los primeros ayudantes, el apoyo de las autoridades de la dependencia para remodelar y equipar, la confianza de los de la institución (Dirección General de Posgrado) para aprobarnos un posgrado de prácticamente un solo profesor y sumamos habilidades que fueron clave para el éxito y que habían sido estampadas por el entorno en el que crecimos. Las *nobles*: gran dedicación y responsabilidad, a la vez que la disciplina en el trabajo que nos inculcaron nuestros padres, así como la excelente prepa-

ración en el idioma español que nos confirieron nuestros maestros de primaria y secundaria en nuestro natal Ciudad Miguel Alemán, Tamaulipas. Las *no tan nobles*: la habilidad para contrabandear insumos urgentes y la determinación de enfrentar cualquier obstáculo y regla que se atravesara en nuestro camino. Con las primeras desarrollamos una cultura de devoción a la investigación e incontables propuestas en busca de financiamiento externo, lo que garantizó disponer de recursos para edificar laboratorios como en los que nos habíamos entrenado en el extranjero; con las segundas, mantuvimos un ritmo tan ajetreado (por la actividad incesante de estudiantes de todo el país y hasta del extranjero), que sorprendió a propios y extraños.

Fue así que logramos edificar la ahora legendaria Unidad de Laboratorios de Ingeniería y Expresión Genéticas (ULIEG) y liderar al propio Departamento, convirtiéndolo en el

mejor de la Universidad. Legendaria sí, pues uno de los primeros actos de la autoridad departamental sucesoria, impuesta mediante un proceso amañado, fue decretar su desaparición, sin prever que el tiempo convertiría a la ULIEG en una leyenda por sus épicos logros nunca más repetidos, añorados hoy todavía y resonando aún a lo ancho y largo del país, gracias a las generaciones de jóvenes brillantes allí entrenados entonces.

Atestiguan esa gloriosa época contribuciones pioneras a nivel mundial en diversos campos de la biomedicina (tabla I) reconocidas por el mayor número de premios de investigación de la UANL (incluyendo dos dobles y el único triple a la fecha) y muchos más de diversos orígenes, así como reportajes en periódicos locales, nacionales, semanarios latinoamericanos y hasta en prestigias revistas científicas internacionales, entre otros.

Tabla I. Principales descubrimientos realizados en la ULIEG en Biología, Medicina y Biotecnología.

Biología	Biotecnología
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ausencia de la enzima uricasa en células humanas. 2. Bases de la condición de pseudogen al gen hPL-1. 3. Proteínas producidas por los genes hGH/hCSH. 4. Potencia de los promotores de los genes hGH/hCSH. 5. Secuencia idéntica de las GHs canina y porcina. 6. Secuencia completa de la GH del caballo. 7. Secuencia del DNAC de la GH del gato. 8. Secuencia de decenas de genes GH de primates (de prosimios a grandes monos). 9. Genómica comparativa de los <i>loci</i> GH en primates. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clonación del cDNA del RNAm de la GH del perro. 2. Clonación del cDNA del RNAm de la GH del gato. 3. Clonación del cDNA del RNAm de la GH del caballo. 4. Clonación del cDNA del RNAm de otras GHs de animales. 5. Expresión en la levadura <i>P. pastoris</i> la HGH hipofisaria. 6. Expresión en la levadura <i>P. pastoris</i> la HGH placentaria. 7. Expresión en la levadura <i>P. pastoris</i> la HGH de 20 KDa. 8. Expresión en la levadura <i>P. pastoris</i> la GH bovina. 9. Expresión en la levadura <i>P. pastoris</i> la GH caprina. 10. Expresión en la levadura <i>P. pastoris</i> la GH canina. 11. Expresión en la levadura <i>P. pastoris</i> la GH equina. 12. Expresión en la levadura <i>P. pastoris</i> la CSH humana.
Medicina	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Diagnóstico y epidemiología moleculares de: <ul style="list-style-type: none"> • Cáncer cérvicouterino (CaCU) • Fibrosis quística • Hemofilia A • Distrofia muscular Duchenne/Becker • Brucelosis • Deficiencias de HGH y HCSH • Leucemia mieloide crónica • Osteoporosis • Disgénesis gonadal mixta • Cáncer de colorrectal • Defectos del cierre del tubo neural • Hepatitis B y C • Cáncer de mama • Infertilidad masculina • Asma • Diabetes mellitus • y otras enfermedades más. 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Paisaje genómico de mutaciones en cáncer cérvicouterino (CU). 3. Primera prueba de acompañamiento (para Tx con HGH biosintética) del mundo. 4. Primeros ensayos clínicos de terapia génica en LATAM (cánceres de próstata y CU). 5. Introducción a México de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). 6. Introducción a LATAM del diagnóstico prenatal por PCR. 7. Invención del diagnóstico molecular de enfermedad de Lyme. 8. Invención del diagnóstico molecular de brucelosis. 9. Introducción de micro-arreglos de ADN para farmacogenética. 10. Genotipado de biomarcadores para medicina de precisión oncológica. 11. Desarrollo de vectores adenovirales de replicación selectiva para cáncer.



SEGUNDO EMPRENDIMIENTO: EL CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA GENÓMICA DEL IPN (1998-2003)

Aunque la vocación inicial de la ULIEG había sido la medicina humana, su fama atrajo colaboraciones en otras áreas, como la agricultura y la veterinaria. Entre tanto, seguíamos visitando a nuestras familias en la frontera tamaulipeca y constatando sus esfuerzos en ranchos y parcelas. Fue así que nos surgió otro sueño: replicar el éxito de la ULIEG en el campo agropecuario.

El director general del Instituto Politécnico Nacional (IPN) en esa época era paisano. En la Semana Santa, cuando él acostumbraba vacacionar en su rancho a las afueras de Miguel Alemán, le pedimos una cita y el domingo de pascua nos encontramos en el club de la presa del Azúcar. Le compartimos el sueño de edificar un centro de investigación dedicado a lo que bautizamos como la Biotecnología Genómica. Aquél replicó proponiéndonos visitar un edificio que el IPN había construido un par de años atrás en Reynosa, Tamaulipas. Viajamos al siguiente día a esa ciudad y la

sorpresa fue mayúscula: encontramos un edificio de dos mil metros cuadrados en dos plantas, pisos de mármol, detalles de madera, fachada de cristal, aire acondicionado central: ¡una chulada!, como se dice aquí en el norte; aunque en abandono y con señas de saqueo, el terreno lleno de maleza, sin barda perimetral, con montículos de escombros por doquier y ventanales rotos.

Así inició el proyecto del Centro de Biotecnología Genómica (CBG) del IPN y, sin saberlo, al arrancar su implementación, junto con nuestros magníficos colaboradores iniciales (Dra. Diana Reséndez, Lic. Wenceslao Sáenz, Ing. Herbey Barrera†, Ing. Francisco Barrera, CP María del Carmen Quiroz y Dr. Alberto Mendoza), se estaba gestando una nueva disciplina en el mundo e inaugurando la era genómica en Latinoamérica.

Los frutos no tardaron en aparecer, a saber: los primeros cuatro laboratorios (agrícola, pecuario, acuícola

y ambiental) magníficamente equipados con tecnología de punta y liderados por excelentes investigadores, sendos programas de investigación aplicada publicando en revistas de prestigio y vinculados con sus correspondientes “clientes” (productores agrícolas, ganaderos, piscicultores e instancias del estado preocupadas por la contaminación química y biológica de cuerpos de agua, respectivamente); un programa de maestría que atrajo a jóvenes de diversas zonas del país y hasta del extranjero; convenios con universidades de la región y hasta del vecino estado de Texas; primeras solicitudes de patentes; un laboratorio de servicios analíticos; tecnología de cultivo en hidroponía de hortalizas y, por supuesto, un proyecto genómico exitoso: el de la bacteria *Azospirillum brasilense*. Por sus logros, al CBG se le reconoce hoy como el mejor Centro de Investigación de la red de centros foráneos del IPN.



TERCER EMPRENDIMIENTO: GESTIÓN DE UN CENTRO DE EMPRENDIMIENTOS BIO (2003-2010)

El Laboratorio de Genética Molecular, además de desarrollar múltiples pruebas diagnósticas e inventar entre otras la de Lyme y brucelosis (así como la primera prueba de medicina personalizada del mundo, para predecir respuesta a la hormona del crecimiento biosintética), había dado paso a una Unidad de Diagnóstico Molecular (UDM) que apoyaba a los servicios del Hospital y hasta a uno que otro laboratorio clínico de la ciudad.

Un día, allá por 2002, el secretario general de la Universidad nos llamó para ofrecernos una beca para la especialidad de Conversión de Tecnología en Capital del Instituto de Capital y Creatividad (IC²) de la Universidad de Texas en Austin. Por alrededor de un año la cursamos en línea desde aulas del Tecnológico de Monterrey. Esta experiencia incitó un nuevo sueño: emprender una empresa de base tecnológica para lanzar al mercado nacional las pruebas que veníamos ofreciendo en la UDM.

La suerte y la oportunidad vinieron casi de inmediato, pues aquel secretario general devino rector y nos honró invitándonos a su grupo de asesores para poner en marcha el Centro de Transferencia de Tecnología (CTT), en tanto que su sucesor nos retó a incubar en el propio CTT una empresa, a lo que respondimos gestando la firma de consultoría Innovaciones Biotecnológicas y Genómicas de México o Innbiogem, S.C.

Entre otros, Innbiogem organizó la exitosa edición 2006 de BioMonterrey 2006, la Semana de Salud y Calidad de Vida del Foro Universal de la Culturas 2007 y un taller de la UNESCO sobre experiencias internacionales en transferencia de tecnología. Además, organizó la Red Temática de Nuevas Tendencias en Medicina del Conacyt, que luego devendría la Red Farmed y de la cual luego surgiera un Laboratorio Nacional (el Lanseidi, ver más adelante). Ha tenido alcances nacionales, pues, por ejemplo, hace unos años le ayudó al Instituto de Bio-

tecnología de la UNAM a licenciar una tecnología a los Laboratorios Columbia.

Para realizar los planes que desarrolló Innbiogem para proponer a las biociencias (intersección entre Biología, Química, Medicina, Física e Ingeniería) como catapulta del desarrollo regional, faltaban empresas biotecnológicas. Fue por ello que incubamos, también en el CTT, el Laboratorio Vitagénesis, S.A. Juntas, Innbiogem y Vitagénesis, constituyen el llamado *Vitaxentrum*, que actúa como un “nido” de emprendimientos BIO.

Las principales actividades de Innbiogem son conocer las necesidades del sector productivo, prospeccionar capacidades y tendencias tecnológicas del sector académico, identificar oportunidades para empatar ambas, diseñar proyectos, forjar consorcios de I+D, administrar éstos, gestionar propiedad intelectual y pactar transferencias tecnológicas, principalmente.

Las del Laboratorio Vitagénesis son, precisamente, atender esas necesidades mapeadas por Innbiogem, para lo que combina su visión experta, infraestructura vanguardista, capital humano excepcional, buenas prácticas y valiosas alianzas estratégicas, con el dominio de dos clases principales de tecnologías genéticas: las de análisis y las de manipulación de genomas de especies de interés comercial.

Para ilustrar el ejemplo del trabajo sinérgico entre Innbiogem y Vitagénesis, mientras que aquélla planeó, coordinó y administró el proyecto Fonciycy del Farmachip y el Fordecyct de la Bioincubadora del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica del estado de Nuevo León (PIIT-NL), la segunda se ocupó de la I+D que los hicieron posibles.

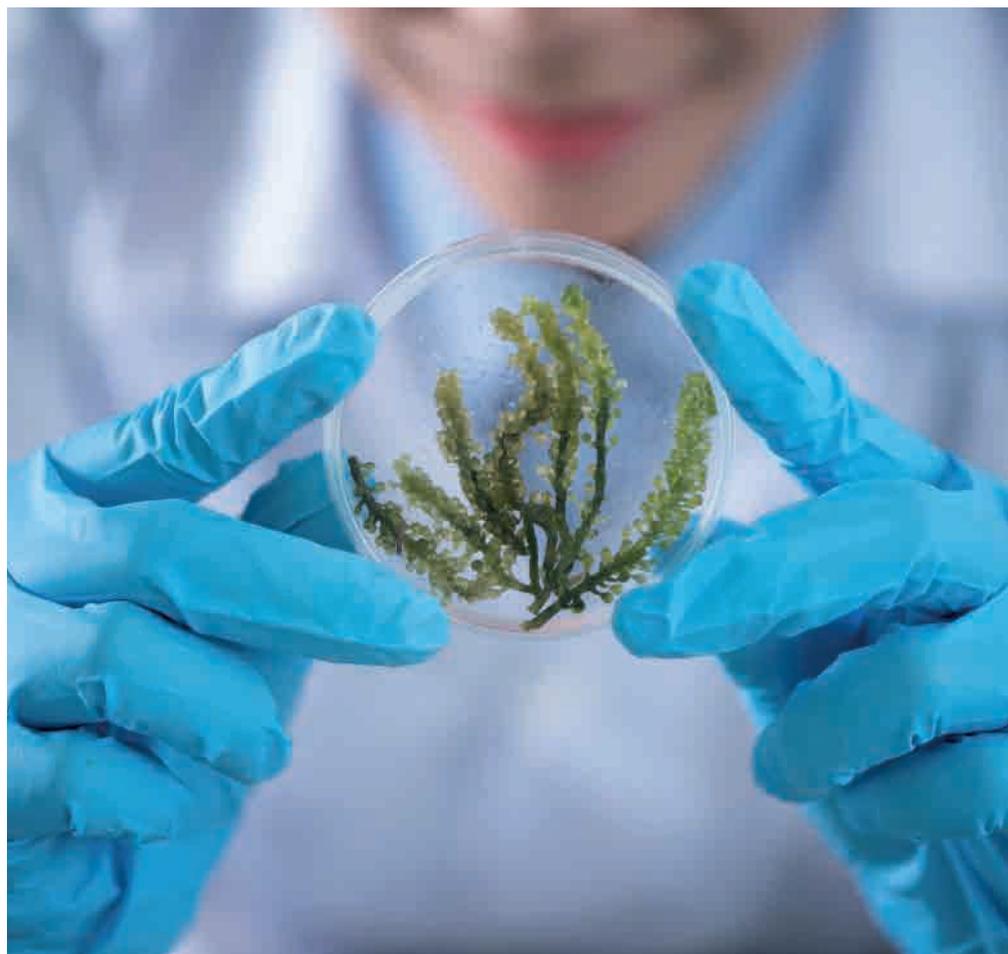
Los logros de este núcleo de bioemprendimientos han sido reconocidos

con el Premio Tecnos 2010 a la innovación del estado de Nuevo León, una miríada de apoyos de la Secretaría de Economía, el Conacyt y el Fondo Nuevo León a la Innovación (Fonlin), entre otros. También con invitaciones a formar parte del BioCluster NL y de los laboratorios Nacionales Lanbioban (ver más adelante) y Lanseidi. Igualmente, por solicitudes de estancias de practicantes, tesistas y visitantes, anhelando acudir a una empresa de biotecnología y genómica.

CUARTO EMPRENDIMIENTO: LA BIOINCUBADORA DEL PIIT DE NUEVO LEÓN (2009-17)

A los esfuerzos pioneros en el sector biotecnológico iniciados en la región hace ya casi cuatro décadas por la ULIEG en la UANL, le siguieron los del Instituto de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas de esa misma institución, los del Centro de Biotecnología-Femsa del Tecnológico de Monterrey y varios esfuerzos similares de centros de I+D de Coahuila y Tamaulipas, como los de sus centros Conacyt, unidades del Cinvestav, el ya descrito CBG del IPN y de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), entre otros.

Sin embargo, dado que, en el sector académico, salvo por muy contadas excepciones, los descubrimientos e inventos no sólo, pero, sobre todo, en áreas de las biociencias, se quedan en etapas de laboratorio, resultan poco atractivos para las empresas que demandan biotecnologías maduras hasta etapas de planta piloto para poder invertir en su escalamiento y preparación para su comercialización. Por otro lado, para apuntalar el creci-





miento económico en nuestra región, el gobierno estatal había erigido el PIIT, buscando atraer centros de tecnología de empresas líderes y concentrar allí los esfuerzos y deseos de las universidades locales de contribuir a la innovación, así como sinergias entre ambas clases de actores.

Aunque en los años recientes han surgido excelentes incubadoras de negocios en la región, la realidad es que una incubadora capaz de promover empresas de las biociencias no sólo necesita de asesorías en materia de negocios y de una oficina con su escritorio, sillas, teléfono y computadora (como fue dotada Vitagénesis durante su incubación), sino que es especialmente crítico contar con un mínimo de infraestructura experimental, dado que el probar los conceptos de las futuras biotecnologías requiere de elaborar y probar los prototipos; es decir, se requiere más bien de una incubadora BIO.

Innbiogem fue invitada por las autoridades a cargo del PIIT a plantear precisamente una solución a esa necesidad y su propuesta fue edificar infraestructura para ofrecer servicios e incubar y nutrir las primeras etapas de empresas para el sector BIO: *la Bioincubadora*, pero complementada por instalaciones para desarrollar bioprocesos a nivel de planta piloto: *la Bioplanta*.

Buena parte del financiamiento para el diseño, ingeniería, construcción, equipamiento, elaboración de reglas de operación, promoción y supervisión del aprovechamiento inicial, del edificio para el binomio Bioincubadora-Bioplanta, de aproximadamente 2,000 m² (erigido en un terreno de aproximadamente 5,000 m² aportado por el fideicomiso del PIIT), lo gestionó Innbiogem ante el Fordecyt-Conacyt (40 millones de pesos); mientras que las aportaciones del terreno y salarios cubiertos por el fideicomiso fueron contribuidos como fondos concurrentes en especie, estimados en más de 10 millones de pesos (cifras correspondientes a 2009).

Los primeros proyectos incubados y nutridos fueron tecnologías como la de un biofertilizante del CBG-IPN, la de un nuevo proceso para producir HGHr de la ULIEG-UANL y la de un biofungicida del Laboratorio de Biotecnología de la UAAAN, contando para todas y cada una de ellas, y una vez escaladas con éxito, ya con un cliente interesado en sus eventuales licenciamientos. A la conclusión del apoyo del Fordecyt, los proyectos habían recibido evaluaciones positivas por parte de los expertos enviados por el Conacyt. De entonces a la fecha, la Bioincubadora del PIIT sigue apoyando a nuevos bioemprendedores y a cada vez más empresas BIO.



QUINTO EMPRENDIMIENTO: EL LABORATORIO NACIONAL LANSEIDI DEL CONACYT (2010-19)

Como resultado de la investigación del estado del arte en farmoquímicos y biológicos realizada por la Red Farmed, se concluyó que aun cuando los apoyos otorgados por el Conacyt favorecían la investigación en fármacos en México, las moléculas estudiadas no recorrían todo el camino desde lo preclínico hasta lo clínico, para convertirse en nuevos medicamentos. También, que una de las causas era la carencia de plataformas tecnológicas integradas para el acompañamiento de estas moléculas candidatas en su validación y posterior análisis preclínico y clínico.

Con el objetivo de establecer un consorcio interinstitucional de laboratorios públicos y privados, integrador de plataformas tecnológicas de vanguardia al servicio de la investigación, desarrollo e innovación de farmoquímicos y biotecnológicos y contribuir con el desarrollo y la formación de recursos humanos para una vinculación academia-industria efectiva, investigadores líderes de tres de las instituciones de mayor aportación a la investigación en salud en México: el IPN, la UNAM y la UANL, sometieron y consiguieron que se les aprobara, en la convocatoria 2009 de Laboratorios Nacionales del Conacyt, el Laboratorio Nacional de Servicios Especializados de Investigación, Desarrollo e Innovación en Farmoquímicos y Biotecnológicos (Lanseidi). Dicho laboratorio fue integrado por la Unidad de Ensayos Preclínicos (Uniprec) contribuida por las Facultades de Química y Veterinaria de la UNAM, la Unidad de Desarrollo e Investigación en Bioprosos (Udibi)

de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN y los Laboratorio de Vitagénesis, S.A.

Los tres integrantes de Lanseidi son laboratorios habilitados como terceros autorizados ante la Cofepris (Uniprec y Udibi) o cuentan con acreditaciones internacionales para el ofrecimiento de pruebas de medicina de precisión (Vitagénesis) y han participado activamente en la evaluación de productos farmacéuticos (dispositivos médicos y medicamentos) y en innovaciones diagnósticas que se encuentran hoy en el sector salud, tanto público como privado.

Sus compromisos ante el proyecto fueron de profesionalización, certificación y acreditación para la mejor prestación de sus servicios a sus clientes, de tal manera que se han establecido, documentado y mantenido sistemas de gestión de la calidad y mejora continua de acuerdo con los requisitos de la norma NMX-CC-9001-IMNC-2015, con diferente grado de consolidación en cada participante del consorcio.

La vinculación con la industria ha sido una de las áreas con mayores resultados de los integrantes del consorcio, generando convenios de servicios con compañías farmacéuticas y biotecnológicas nacionales y transnacionales, entre ellas Merck, Amgen, Pisa, Landstainer, Bioclon, Silanes, Alvaris, Abbie, Pfizer, Columbia y Genbio, sólo por mencionar algunas. Con ello, Lanseidi demuestra que se puede tener éxito impulsando la vinculación academia-industria en México.





SEXTO EMPRENDIMIENTO: EL LABORATORIO NACIONAL BIOBANCO DEL CONACYT (2015-17)

Un Biobanco es la infraestructura de laboratorio y sus procesos para la obtención, control de calidad preanalítica, transformación eventual en fuentes de biomoléculas para el descubrimiento de biomarcadores (opcional), partición en presentaciones que faciliten su aprovechamiento, conservación a largo plazo y capacidad de rastreabilidad y distribución, con fines de investigación, de bioespecímenes y sus datos clínicos.

En salud, los principales bioespecímenes procurados por los biobancos son biopsias quirúrgicas (tejido procesado y resguardado en servicios de anatomía patológica tras su fijación e inclusión en parafina, comúnmente referidos como FFPET, por las siglas en inglés de *Formalin-fixed, Paraffin-Embedded tissues*) y líquidas (sangre, orina y otros fluidos biológicos tomados en el laboratorio clínico). Y uno de sus principales usos son análisis de alta definición, que incluyen los “omicos”, ahora referidos como de patología de precisión y que aportan un valor estratégico en la nueva era de la medicina personalizada.

La historia del primer biobanco en la UANL, y de hecho en el país, se remonta a 2002, cuando iniciamos un piloto de biobanco en el laboratorio de la UANL, el cual, en 2010, adquirió estatus

institucional y en 2015 nacional. Este último, teniendo como institución asociada al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSCZ) y habiendo conseguido los fondos concurrentes, fue reconocido como Laboratorio Nacional por el Conacyt, designándole con el acrónimo “Lanbioban”. A este binomio se le sumaron en 2016 las Universidades Autónomas de Guerrero y de San Luis Potosí, así como los Institutos Nacionales de Salud Pública y de Medicina Genómica. Y en 2017, más universidades e institutos solicitaron incorporarse, por lo que, en la reunión anual de todos sus integrantes, celebrada en diciembre de 2017 en la Sala de Seminarios de la Fundación Mexicana para la Salud en la Ciudad de México, por acuerdo unánime se decidió migrar al modelo de operación de consorcio, por lo que Lanbioban dio paso a Rembioban (Red Mexicana de Biobancos).

Para su operación, el proyecto se ha nutrido de la experiencia de la Red Valenciana de Biobancos en España, mientras que de la *Internacional Society of Biological and Environmental Repositories* (ISBER) se están adoptando las mejores prácticas en la materia, mismas que incluso fueron traducidas recientemente al castellano con ayuda del personal de Innbiogem.

Para profesionalizar su operación, promover su expansión y alcanzar su sostenibilidad, se le encargó a Innbiogem impulsar la adopción de buenas prácticas de biobanco y promover colaboraciones con otros biobancos y empresas dedicadas del ramo, como Innovita, S.A., firma mexicana que aporta su capacidad de gestión, administración y de apoyos logístico, así como la organización canadiense de investigación por contrato (*Contract Research Organization*, CRO por sus siglas en inglés) Trans-Hit Biomarkers (THB), con sede en Montreal, que promueve la inserción de los biobancos mexicanos en proyectos de investigación de industrias líderes de la innovación en salud a nivel mundial.

Así pues, Rembioban se aboca a potencializar los esfuerzos casi heroicos que investigadores biomédicos y clínicos, tesis y residentes de posgrados básicos y clínicos, jóvenes emprendedores y empresas farmacéuticas comprometidas con la innovación, apoyándoles con la creación y gestión de colecciones de bioespecímenes de alta calidad. Esto como requisito para multiplicar los descubrimientos e inventos que harán posibles las innovaciones que permitan brindarles más y mejor salud a los mexicanos.

SÉPTIMO EMPRENDIMIENTO: SERVACARE, UN LABORATORIO CONTRA EL CÁNCER (2019-PRESENTE)

Cinco años atrás, fuimos visitados, desde Estados Unidos de América, por un científico devenido empresario quien se había aliado a un empresario mexicano amigo nuestro, para fundar la empresa de diagnóstico ServaCare, S.A. de C.V., instalada a muy corta distancia del Instituto Nacional de Cancerología, en el sur de la Ciudad de México. En dicha visita, prevenimos al visitante que, en nuestro país, a diferencia del suyo, los negocios basados en biociencias enfrentan muchos más retos.

Como parte del plan de negocios de la nueva compañía, se emprendieron campañas para invitar a médicos y sus pacientes a solicitar la prueba para la prevención del cáncer cérvicouterino, consistente del Papanicolaou con base en citología líquida, la detección del genoma del virus del papiloma humano (causante de dicho tumor) y una prueba adicional para aquellas pacientes positivas para tipos de alto riesgo del virus y con indicios de lesiones celulares; que, mediante inmunohistoquímica y anticuerpos para ciertas proteínas celulares, revelaría el posible inicio del cáncer. A la par, se hicieron incontables esfuerzos por lograr contratos de pruebas masivas con diversas dependencias del sector salud que, a pesar de las promesas, no se concretaron.

Tras cinco años de intentos, su fundador abandonó el proyecto y retornó a EUA; fue entonces que el amigo empresario mexicano socio de aquél, nos solicitó retomar el laboratorio.

En el proceso de mejorar el laboratorio, identificamos que Roche poseía no sólo una tecnología diagnóstica altamente integrada y automatizada para la detección y genotipado de tipos de alto riesgo del VPH, sino que incluso la hacía acompañar de otra por inmunohistoquímica también basada en anticuerpos para confirmar o descartar si, en las citologías líquidas de muestras que resultaran positivas para tales tipos virales, ya había surgido el cáncer. Y para rematar, ambas aprobadas por la *Food and Drug Administration* (FDA) de los EUA, y por supuesto con los debidos permisos de la Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios o Cofepris.

De inmediato encabezamos una negociación con Roche México, que resultó felizmente exitosa, pues en lugar de únicamente proveerle al laboratorio sus equipos y reactivos, se extendió a una alianza mutuamente benéfica en la que Roche, que tenía el objetivo de colocar su tecnología en el mercado, pero no era su función ofrecer el servicio con ella, encontró al socio comercial perfecto en ServaCare, la que aspiraba a poseer la mejor tecnología posible en el mundo contra el cáncer cérvicouterino, para comercializarla.

Las bases de esta sólida alianza auguran éxito a esta nueva etapa de este laboratorio dedicado a la prevención de este temido tumor que, siendo prevenible con la detección oportuna del VPH, es una vergüenza para el sistema de salud nacional el que aún trunque la vida de tantas de nuestras mujeres.



¿SALPICANDO A OTROS? ¡SÍ! PERO CON UN INTERÉS SUPERIOR: HONRAR LA PROFESIÓN DE PROFESOR

La tecnología desarrollada en la ULIEG pronto fue adoptada por la mayoría del resto de los Departamentos de la Facultad de Medicina y de los Servicios de su Hospital Universitario, algunos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la propia Universidad, de donde acudieron ininidad de estudiantes a realizar sus tesis de grado. Aunque en menor medida, lo mismo ocurrió para las facultades de Veterinaria, Agronomía, Química y otras más del área de la salud.

Más allá de la UANL, está también el caso del Tecnológico de Monterrey, cuyos dos primeros investigadores (doctores Jacobo Molina y Manuel

Villa) contratados por esta institución para iniciar su Centro de Biotecnología, acudieron a la ULIEG para servirse de sus equipos; más recientemente también se le apoyó recomendándole mejoras a las capacidades de innovación de su sistema de salud (TecSalud), con la fortuna de que en su declaración de metas para 2030, el rector de TecSalud incluyó nuestras sugerencias de edificar un centro de producción de células madre bajo buenas prácticas de manufactura y la de secuenciar el genoma a sus pacientes. También la UDEM se ha nutrido de exalumnos de la ULIEG que impulsan en ésta proyectos biomédicos.

Todo este derrame del “tesoro” acumulado en la ULIEG de conocimientos y herramientas de Biología Molecular, acabó dando origen incluso a una industria de suministros de laboratorios de esta disciplina y contribuyó a modernizar varios centros de genética humana del país y de Latinoamérica (tabla II).

Tabla II. Aportaciones al desarrollo de capacidades científicas, tecnológicas y educativas.

Emprendimientos cívicos y empresariales	Algunas instituciones apoyadas con herramientas de Biología Molecular y de biobanco
1. Tres unidades de Investigación, Posgrado y Servicio en FM-UANL (ULIEG, UDM y UBM).	1. Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Coahuila.
2. Centro Latinoamericano de Entrenamiento del Proyecto del Genoma Humano de la UNESCO.	2. Centro de Investigaciones Biomédicas de Occidente-IMSS.
3. Biobanco Institucional de la FM-UANL.	3. Carrera de Biología del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.
4. Nueva área de investigación y posgrado del Departamento de Bioquímica, FM-UANL.	4. Servicio de Genética del Hospital Infantil de México “Federico Gómez”.
5. Incubadora Invest (conceptualización) de la FM-UANL.	5. Unidad de Genética de la Universidad Venezolana del Zulia.
6. Bioincubadora (conceptualización, procuración de fondos y primeros proyectos) del PIIT-NL.	6. Centro de Biología Molecular “Severo Ochoa” de la Universidad Autónoma de Madrid.
7. Centro de Transferencia de Tecnología de la UANL.	7. Hospital Nacional Peruano “Guillermo Almenara Irigoyen”.
8. Centro de Biotecnología Genómica del IPN.	8. Laboratorio de Genética del Colegio Colombiano Mayor de Nuestra Señora del Rosario.
9. Red Temática de Nuevas Tendencias en Medicina del Conacyt.	9. Biobanco de la Escuela de Medicina de la UASLP.
10. Asociación de Centros Foráneos de Investigación del IPN.	10. Biobanco de la Facultad de Química de la UAGro.
11. Laboratorio Nacional Biobanco (Lanbioban).	11. Biobanco del INCMN “Salvador Zubirán”.
12. Laboratorio Nacional de Servicios I+D+i en Farmoquímicos y Biotecnológicos (Lanseidi).	12. Biobanco del Instituto Nacional de Medicina Genómica.
13. El <i>Vitaxentrum</i> [Sede de Innbiogem S.C. (Reniecyt: 1802252) y Vitagénesis, S.A. (Reniecyt: 1800704)].	13. Biobanco del Instituto Nacional de Salud Pública
14. Sede del Capítulo Nuevo León de la Academia Nacional de Medicina de México.	
15. Próximo Centro de Buenas Prácticas de Manufactura para células madres del TecSalud-ITESM.	



EPÍLOGO: CIENCIA SIEMPRE UNA, LA DE EXCELENCIA Y PARA ENGRANDECER A LAS INSTITUCIONES

El modelo de desarrollo de la ULIEG fue iniciar haciendo ciencia, continuar creando el posgrado y luego aplicar los logros para atender las necesidades no satisfechas del sector salud. Se podría decir que este primer modelo fue el “empuje de la ciencia”. El del CBG fue precisamente al revés: se inició ubicando las necesidades del campo mexicano, se continuó con identificación de las tecnologías que pudieran impactar éstas y se completó contratando a los científicos para desarrollar los laboratorios capaces de contribuirles. Se puede decir que en este otro caso se aplicó el modelo de “la ciencia en reversa”. Un modelo un tanto híbrido se aplicó en el resto de los emprendimientos. El resultado está a la vista: cientos

de excelentes investigadores formados, una decena de instituciones y programas prestigiados forjados, una docena de descubrimientos e inventos que fueron convertidos en nuevos servicios tecnológicos, licenciamientos, transferencias tecnológicas y hasta en empresas, cuantiosos premios y reconocimientos, incluidos los de mayor prestigio del país y su capital: el Nacional de Ciencias 2019 y el “Heberto Castillo” 2019, respectivamente, y hasta el de la Universidad de Texas: Exalumno Distinguido 1998. Mas consideramos que el mayor premio recibido ha sido la oportunidad de engrandecer a las instituciones que nos arroparon, ayudándonos a construir un mejor futuro para los jóvenes de México.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros *samuráis* de la ciencia y *señores* a los que servimos con honor. Nunca acabaremos de agradecer a las autoridades que nos brindaron su confianza y apoyo, a los numerosos jóvenes y colaboradores que se unieron a nuestra quijotesca tarea, a las instancias que nos aportaron recursos y, sobre todo, a las nobles instituciones, empezando con la propia UANL (en particular a sus Facultades de Ciencias

Biológicas y de Medicina, donde nos formaron y facilitaron crecer, respectivamente), que nos arropó y a la que siempre le dedicamos, y continuaremos dedicando hasta nuestro último aliento, lo mejor de nosotros y nada menos, lo que mucho contribuye a nuestra felicidad y a hacer felices a nuestros seguidores. En cuanto a los infelices que sufrimos, nuestra compasión y perdón.



LECTURAS RECOMENDADAS

Ciencia, academia y liderazgo académico

Barrera-Saldaña, H.A. (1992). *Información Genética: estructura, función y manipulación*. Conacyt, Colección Ciencia Básica. México.

Barrera-Saldaña, H.A. (2000). *To be or not to be en el SNI*. La importancia del Sistema Nacional de Investigadores. *Medicina Universitaria*. 2: V-VII.

Garza-Rodríguez, M.L., Ascacio-Martínez, J.A.I., Pérez-Maya A.A., et al. (2014). Biobanks: Experience of the School of Medicine and the “Dr. José Eleuterio González” University Hospital of the Universidad Autónoma de Nuevo León”. *Medicina Universitaria*. 16(63): 99-101. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-universitaria-304-articulo-biobanks-experience-school-medicine-dr-X1665579614366100>

Barrera-Saldaña, H.A. (2016). It’s de academia, dummy! or when quantity supersedes quality. *Medicina Universitaria*. 18(70): 58-59. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1665579616300230?via%3Dihub>

Barrera-Saldaña, H.A. (2018). Academic Leadership: A Tale of a Personal Experiment and Lessons Learned. *Medicina Universitaria*. 20(2) 103-106. Disponible en: <http://pdfs.semanticscholar.org/5d0b/52f1a7d4b5f1a7d4b5b75779d73b2fb877407158dc75.pdf>

Medicina traslacional e innovación en salud

Barrera-Saldaña, H.A. (2017). Translational research in medicine: Reverse the process and support it for success. *Int J Cell Sci & Mol Biol*. DOI: 10.19080/IJCSMB.2017.2.555580. Disponible en: <https://juniperpublishers.com/ijcsmb/pdf/IJCSMB.MS.ID.555580.pdf>

Barrera-Saldaña, H.A. (2019). ¿Cómo potencializar la innovación en los centros médicos académicos? *Transferencia Tec*. Disponible en: <https://transferencia.tec.mx/2019/07/04/como-potencializar-la-innovacion-en-los-centros-medicos-academicos/>

Vence E. (2013) Why can’t Mexico make science pay off? *Scientific American*. 67-71. <http://em.fis.unam.mx/~mochan/blog/20130924innovation.pdf>

Recuentos de algunas contribuciones biomédicas de clase mundial

Barrera-Saldaña, H.A. (2016). Contribuciones pioneras a la Genómica y la Medicina personalizada. *Ciencia y Desarrollo*. 6-11. Disponible en: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=121>

Barrera-Saldaña, H.A. (2018). A Journey from Gene to Genes Families and onto the Whole Genome. *J Hum Genet Genomic Med*. 1:103. Disponible en: <http://article.scholarena.co/A-Journey-from-Genes-to-Gene-Families-and-on-to-the-Whole-Genome.pdf>

Barrera-Saldaña, H.A. (2019). Origin of personalized medicine in pioneering, passionate, genomic research. *Genomics*. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2019.05.006>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888754319300692>

Algunos reconocimientos nacionales recientes

Premio Luis Elizondo 2016 del Tecnológico de Monterrey (https://egresados.itesm.mx/egresados/plsql/NoticiasPortalNuevo.NPO_Inicio?l_noticia=5201).

Premio “Heberto Castillo” 2019 de la Ciudad de México (<https://www.sectei.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/el-gobierno-de-la-ciudad-entrego-los-premios-heberto-castillo>).

Premio Nacional de Ciencias 2019 del Gobierno de la república (<https://www.gob.mx/presidencia/galerias/ceremonia-de-entrega-de-los-premios-de-artes-ciencia-y-cultura-desde-palacio-nacional> y <https://www.gob.mx/presidencia/articulos/version-estenografica-entrega-de-los-premios-en-arte-ciencia-y-cultura?idiom=es>).

Algunos reconocimientos internacionales

Distinción de Exalumno Distinguido 1998. Escuela de Graduados, Universidad de Texas en Houston (<https://gsbs.uth.edu/alumni/distinguished-alumni/previous-winners.htm>).

Pearson, H. (2003). Profile: Hugo Barrera-Saldaña. *Nat. Med*. 9(7): 810. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nm0703-810>

Una breve reflexión de la Física del estado sólido

CECILIA NOGUEZ *

En toda la historia de la humanidad, el ser humano ha modificado la materia desarrollando herramientas diversas; pasando por la Edad de Piedra hasta llegar a lo que llamamos la Era de la Informática. Sin embargo, lo que conocemos formalmente como la Física del Estado Sólido comienza muy poco tiempo después de que se exponen las primeras bases de la mecánica cuántica, las cuales proporcionaron herramientas poderosas para describir los sólidos desde el punto de vista atómico. Pero la Física del estado sólido no se limita al uso de la mecánica cuántica, también integra en la descripción y solución de sus problemas al electromagnetismo, la mecánica clásica, la Física estadística y sus diferentes subáreas.

Desde un punto de vista muy personal, considero que los problemas que representan entender la materia desde la Física del estado sólido son los más ricos y retadores. Además, es una de las áreas que ha cristalizado más rápidamente su aportación a la tecnológica y por supuesto a la Era de la Informática. Basta recordar el progreso de los transistores y la microelectrónica, así como la gestación de nuevas disciplinas como la ciencia e ingeniería de materiales, la nanociencia y la nanotecnología, la ingeniería electrónica, entre otras. En estas nuevas disciplinas no sólo integran las leyes físicas, sino también principios biológicos y propiedades químicas de la materia con aplicaciones en salud, medio ambiente, energía, seguridad, comunicaciones, entre otras áreas de interés universal.

Un punto de partida importante de la Física del estado sólido es el llamado Teorema de Bloch, que permite describir arreglos periódicos de átomos, los llamados cristales, resolviendo la ecuación de Schrödinger de los electrones que componen al sistema y desarrollando la llamada teoría de bandas. Recordemos que en un sólido cristalino en tan sólo un centímetro cúbico se tienen 10^{23} átomos más sus respectivos electrones. Por lo que, sin el Teorema de Bloch, sería imposible entender los sólidos y mucho menos sus interacciones y respuestas a estímulos externos como la luz, los campos magnéticos, cambios de temperatura, presión, fuerzas mecánicas, etcétera. Tampoco se hubieran inventado otros sistemas a partir de estos conceptos como los cristales líquidos, los cristales fotónicos o los metamateriales, entre otros. Y mucho menos se hubiera llegado a la sofisticación tecnológica de crear materiales tan delgados como el espesor de un átomo, ni a la creación de las herramientas necesarias para observarlos e interactuar con ellos.

Sin lugar a dudas, la Física del estado sólido, con la ayuda del Teorema de Bloch y su consecuente teoría de bandas, ha sido indispensable para el desarrollo tecnológico actual y me atrevo a decir que seguirá siendo la base de lo mucho que veremos tanto en ciencia básica como en tecnología. En términos conceptuales, se ha visto que el estudio de la Física del estado sólido sigue un camino que lleva gradualmente

* Universidad Nacional Autónoma de México.
Contacto: cecilia@fisica.unam.mx

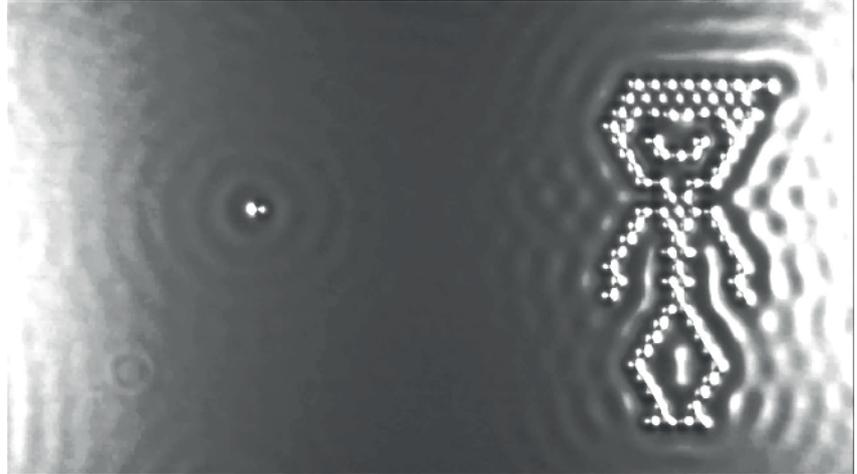


a sistemas de creciente complejidad. En una primera etapa se estudiaron las estructuras atómicas de los cristales, sus simetrías dada su periodicidad, la interacción atómica que da lugar a dichos cristales y la explicación a sus propiedades fundamentales como dureza, respuesta térmica, transporte electrónico y respuesta a diferentes campos electromagnéticos, como los rayos X, la luz, entre otros.

Con estos conocimientos fundamentales, en una segunda etapa se les añadió cierta complejidad cambiando sistemáticamente su composición atómica para variar gradualmente sus propiedades fundamentales entre, por ejemplo, aislantes y conductores, creando así una serie de semiconductores de muy alta calidad con propiedades emergentes dependiendo de su composición. El estudio de estos semiconductores permitió el descubrimiento del primer transistor de contacto, pero la posterior necesidad de miniaturizarlo abrió una nueva etapa de complejidad. Los sistemas se volvieron de tamaño micrométrico y submicrométrico, dando lugar a nuevos fenómenos, como el confinamiento cuántico de partículas y cuasipartículas. Estos sistemas no se podían explicar con lo que se había creado a partir del Teorema de Bloch y la descripción “simplista” de los electrones del cristal. El Teorema de Bloch se adaptó a sistemas en los que se rompe la periodicidad del cristal ya fuera en una (1D), en dos (2D) o en sus tres (3D) dimensiones. Con la reducción de tamaño, los efectos debidos a la superficie e interfaces de los cristales se volvieron relevantes, así como las interacciones electrónicas, incluyendo los efectos de correlación e intercambio. Esto desató una nueva ola de desarrollos teóricos y experimentales con los que se hizo necesario entender la interacción de muchos átomos, electrones y de sus excitaciones, cómo se arreglaban los átomos en las superficies e interfaces, así como las consecuencias del rompimiento de simetrías.

En esta nueva etapa la Física computacional se posicionó como una herramienta indispensable, gracias a la cual se pueden realizar “experimentos controlados” con varios átomos, y se pueden probar las diferentes teorías mediante la comparación con los experimentos. Se comprendió que la estructura atómica del sistema determinaba sus propiedades fundamentales y se crearon microscopios electrónicos para visualizarlos. Con las computadoras y las nuevas herramientas experimentales, como microscopios de fuerza atómica, métodos ópticos, magnéticos, entre otros, se pudo avanzar de manera simultánea en el entendimiento de las propiedades de estos sistemas y en el progreso de teorías y nueva instrumentación tanto experimental como computacional.

Al fabricar los objetos submicro-métricos y entenderlos como entidades autónomas, se puede pensar en, por ejemplo, los puntos cuánticos como los nuevos átomos del sistema. Así se comenzó una nueva etapa de complejidad: la creación de arquitecturas jerárquicas a partir de entidades complejas más allá de los átomos para crear nuevos cristales. De aquí surgen las llamadas superredes, los cristales fotónicos y fonónicos, entre otros. La idea es simple: si conocemos las propiedades de la entidad o entidades, así como su arreglo periódico, podemos crear supercristales con las propiedades que deseemos. Éstos son los antecedentes de los ahora llamados metamateriales. Nuevamente, esto conduce a la producción de nuevas herramientas tanto para fabricar los metamateriales en donde la nanofabricación se vuelve indispensable,



“Un chico y su átomo”, la película más pequeña del mundo creada con átomos.

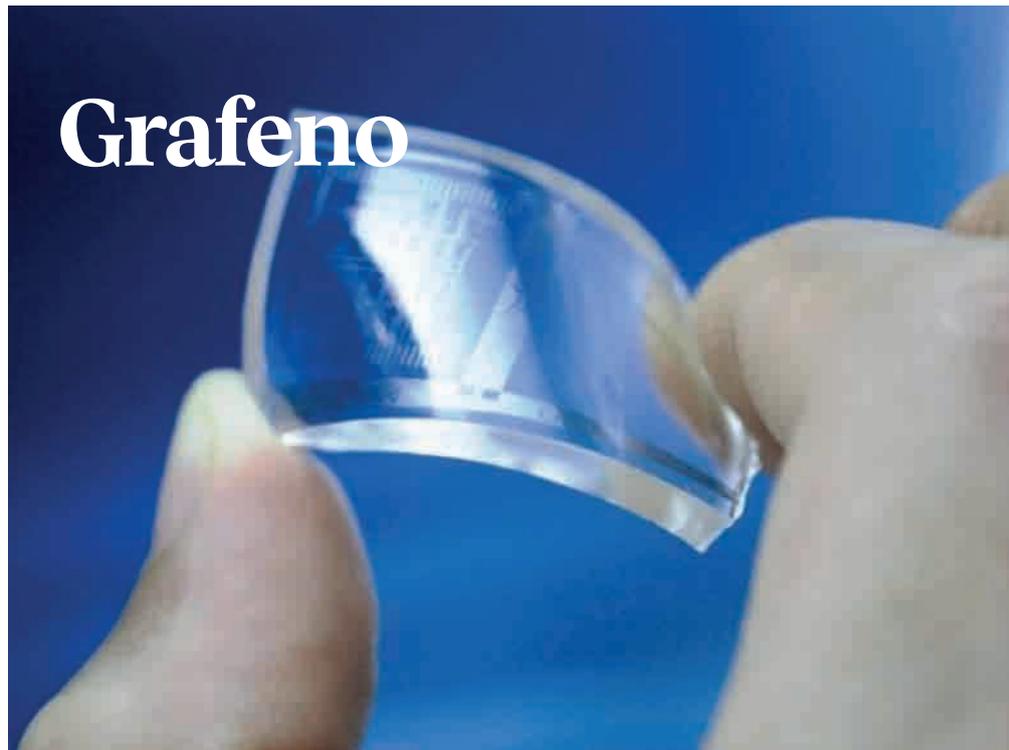
así como el desarrollo de teorías que permitan estudiar de manera integral fenómenos concurrentes a la nanoescala, tomando en cuenta la complejidad del sistema y el descubrimiento de nuevos fenómenos. Y no se diga de las técnicas experimentales que permiten distinguir entre ellos.

En la actualidad, hemos llegado al extremo de aislar sistemas crista-

linos tan delgados del espesor de un solo átomo, como el grafeno, lo que llamamos un cristal bidimensional o 2D. Este cristal 2D tiene bandas electrónicas cercanas al nivel de Fermi tales que sus electrones se comportan como una cuasipartícula sin masa, por lo que su velocidad no depende de su energía y tienen gran movilidad. Estas cuasipartículas se conocen como Fermiones de Dirac. Cuando se estiran o



apilan dos capas de grafeno surgen fenómenos interesantes en los que podemos modificar la población de electrones cercanos al nivel de Fermi y manipular sus propiedades electrónicas, los estados de espín de los electrones, así como sus propiedades magnéticas. Pero también hay otros materiales, los cuales podemos llamar cristales 2D, que también se consiguen aislar y manipular. De éstos, se han fabricado muy pocos, pero algunos de ellos tienen propiedades muy diferentes a las del grafeno. Se cree que se pueden obtener más de 1800 compuestos con posibilidades de ser aislados como cristales 2D. La interacción entre las capas de estos materiales es a través de interacciones débiles de van der Waals, lo que permite manipular “fácilmente” su apilamiento. Siguiendo los mismos conceptos, se ha comenzado a investigar cómo es posible crear nuevos sistemas con propiedades híbridas y emergentes. Además, se pueden crear cristales 2D con nuevas simetrías a partir de uno, dos o más componentes apiladas,



agregando nuevos grados de libertad al sistema, con fuerte confinamiento cuántico entre capas y por lo tanto propiedades físicas diferentes. Pero aquí una vez más se crean nuevas interrogantes y retos, siendo la principal, desde mi punto de vista: ¿cómo vamos a escalar estas propiedades sin modificarlas y hacerlas útiles en nuestro entorno a escala de metros?

Otros sistemas interesantes son aquéllos que son aislantes en su interior, pero conducen electrones en sus orillas. Es decir, el transporte electrónico tiene una dirección preferencial. Esto se logra cuando el sistema conserva la simetría de inversión en el tiempo, es decir, da lo mismo ir en el futuro que en el pasado, pero con un orden topológico determinado. A estos sistemas se les llama aislantes



topológicos, en ellos los estados electrónicos de superficie se conservan al igual que su simetría temporal, con consecuencias importantes en la dirección del espín de los electrones, el cual siempre es perpendicular a su momento lineal. Así que, un aislante topológico 3D crea un gas electrónico en 2D. Para cambiar estos estados de superficie es necesario cambiar la simetría temporal, no importando si los átomos en las orillas se saturan o no, ya que la topología del sistema protege su simetría temporal. Sin embargo, todavía hay muchas interrogantes sobre estos sistemas, en cómo acoplarlos con otros y hacer nuevas estructuras híbridas y complejas.

Finalmente, con todos estos sistemas en los que podemos tener un alto control de sus propiedades se encuentra un nuevo grado de complejidad, su acoplamiento a las excitaciones de átomos y moléculas individuales o en su conjunto. También el reconocimiento molecular puede generar nuevos sistemas autoensamblados, creando nuevas arquitecturas jerárquicas complejas, como si arrojásemos bloques de lego y ellos se unieran por sí solos. Por ejemplo, la luz puede ser confinada en espacios muy pequeños debido a la excitación de campos eléctricos evanescentes en nanopartículas pequeñas. La manipulación de dichos campos permite concentrar y transportar energía en “cristales plasmónicos”. Estos campos eléctricos confinados se acoplan con ciertas excitaciones fundamentales de la materia, modificando drásticamente la tasa de eficiencia de emisores y absorbedores de luz, como pueden ser moléculas o átomos. También estos campos evanescentes



tes confinados pueden aumentar o disminuir la transferencia de calor entre partículas que se encuentran a distancias de separación nanométricas. Estos sistemas se pueden aplicar en una gran cantidad de dispositivos como celdas fotovoltaicas, en nuevos sistemas LED, en enfriamiento y control de calor, en transistores térmicos, en grabación magnética asistida por calor, en fotosíntesis artificial y, por supuesto, en computación cuántica.

Todos estos nuevos sistemas nos imponen nuevos retos. Será necesario desarrollar nuevas metodologías teóricas, experimentales y computacionales que permitan estudiar de manera integral fenómenos concurrentes debido a la complejidad del sistema. Es indispensable entender las bases de la transición entre comportamientos cuánticos y clásicos en dispositivos y sistemas, así como el uso y control de los efectos cuánticos. Se deben encontrar modelos teóricos realistas en los que se puedan describir estados electrónicos excitados, así como la correlación electrónica, para sistemas con miles de átomos. Aunque se ha avanzado en esta dirección, la mayoría de las teorías se encuentran muy limitadas en su descripción fenomenológica o en el número de átomos que pueden estudiar. Al mismo tiempo, es indispensable incrementar la capacidad de cómputo en al menos 10,000 veces para realizar, por ejemplo, simulaciones *ab initio* de puntos cuánticos, simulación de autoensamblado de materiales programados, entre otros.

Además, es necesario desarrollar la modelación multiescala para, por ejemplo, la generación de campos

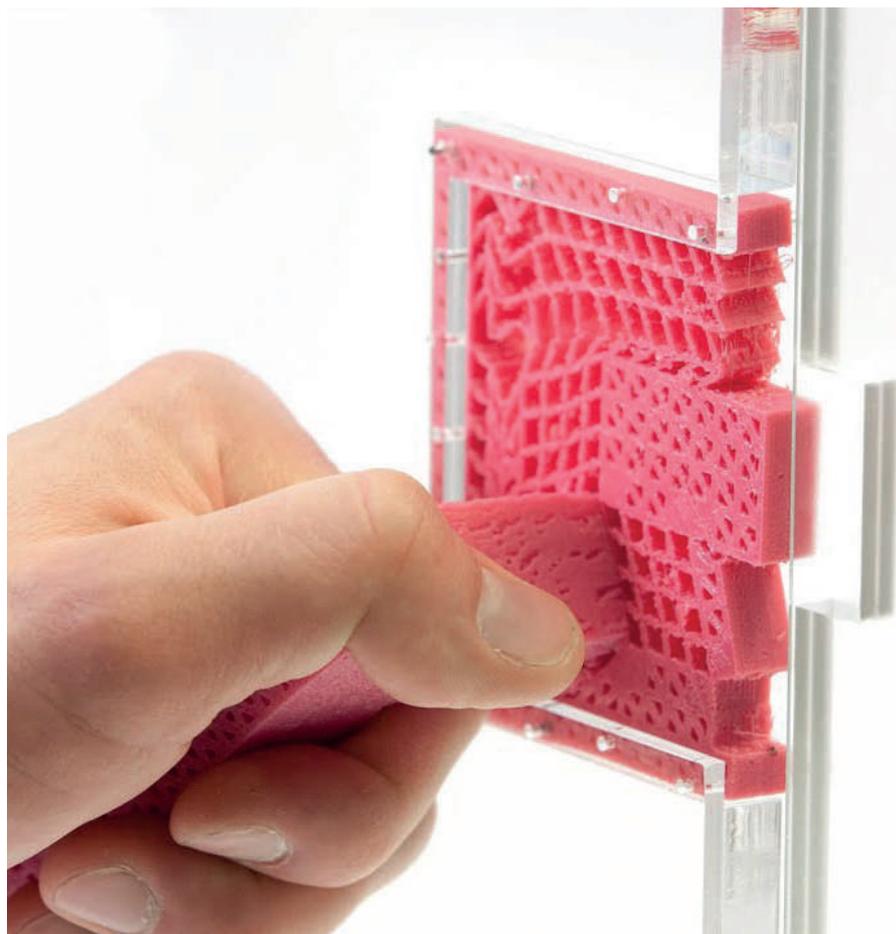
de fuerza en dinámica molecular de dispositivos específicos como celdas solares que nos permitan determinar su eficiencia con mayor precisión. También se deben inventar metodologías basadas en nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial, la cual se proyecta puede ayudar a identificar patrones, tendencias y no tener que explorar uno por uno los más de 1800 compuestos 2D y sus posibles combinaciones para determinar las estructuras idóneas y sus propiedades físicas predeterminadas. Es importante innovar nuevas herramientas para detectar y escalar a sistemas más grandes el transporte cuántico y el flujo de corriente a escala molecular en nanodispositivos. Dentro de los procesos multiescala es necesario hacer aproximaciones más generales, pero concretas, para entender mejor la catálisis, proceso en el que concurren muchos fenómenos a la vez. También se deben realizar aproximaciones predictivas para la compatibilidad y ensamblaje de materiales bióticos y abióticos. Para crear imágenes en 3D con especificidad química, resolución temporal y resolución atómica de estructuras complejas, como pueden ser las proteínas individuales, herramientas con precisión atómica para medir y reestructurar, resolución temporal en reacciones químicas y desarrollo de instrumentación *in situ* para procesos controlados de manufactura.

Para crear rutas de autoensamblaje controlado de átomos y moléculas en estructuras jerárquicas es indispensable encontrar nuevas rutas. Explorar nuevos fenómenos físicos con fotones, electrones, magnones, para nuevas aplicaciones como tran-

sistores más rápidos y con menos disipación, transparencia mayor a 98%, materiales y dispositivos para conectar lo nano con el macro. Es preciso establecer las condiciones para la manufactura a gran escala de nanoestructuras puras y combinadas, simples y complejas, pero con propiedades uniformes. Descubrir nuevos materiales multiférrico/magnéticos. Entender el comportamiento colectivo de portadores de carga a temperatura ambiente en grafeno y aislantes topológicos. Almacenamiento de luz en milisegundos o mucho menos. Encontrar estructuras con bajas pérdidas de resonancia, láseres con gran eficiencia en transmisión de ener-

gía, funcionando con muy baja potencia de entrada y salidas con altas ganancias. Implementar fábricas e “impresoras de escritorio 3D” para el desarrollo de nuevos prototipos, sin la necesidad de cuartos limpios. Técnicas de impresión molecular que permitan el posicionamiento en superficies, diferenciar y seleccionar moléculas, proteínas y hasta células a gran escala.

En fin, hay un mundo nuevo, excitante, pero, sobre todo, complejo y retador en la Física del estado sólido en los años por venir, como posiblemente nunca nos lo habíamos imaginado.





SECCIÓN ACADÉMICA

**Análisis integral del desempeño de
fotocatalizadores en la producción de
hidrógeno**



Análisis integral del desempeño de fotocatalizadores en la producción de hidrógeno

Leticia M. Torres-Martínez*

DOI: /https://doi.org/10.29105/cienciauanl23.100-1

RESUMEN

Se presenta una revisión y análisis integral de resultados de NaTaO_3 (perovskita) y la solución sólida $\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0,1$) de túneles rectangulares, en forma de polvos y películas, con alto desempeño en la producción foto y electrocatalítica de H_2 . La eficiencia de estos procesos fue mejorada mediante: a) el estudio del efecto del método de síntesis en las propiedades y su desempeño en estos procesos, b) la construcción de microestructuras facetadas en películas delgadas, y c) la formación de heteroestructuras mediante el depósito de cocatalizadores metálicos. Se obtuvieron películas delgadas del NaTaO_3 con estructura tipo perovskita, altamente cristalinas por LCVD sobre sustratos de acero inoxidable para su aplicación en la reacción fotocatalítica de conversión de agua. Se logró el depósito de películas delgadas de la fase ortorrómbica NaTaO_3 , mediante la técnica de LCVD, con microestructura altamente facetada tipo piramidal; se observó, además, la presencia de nanoescalones. La eficiencia de las películas de LCVD- NaTaO_3 fue 13 veces superior a la de los polvos. Se prepararon exitosamente nanobastones 1D, de las fases $\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0,1$) con estructura de túneles rectangulares, mediante el método de solvocombustión.

Palabras clave: NaTaO_3 , $\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0,1$), foto(y electro)catalisis, hidrógeno, heteroestructuras.

El incremento en la demanda de energía, aunado al excesivo uso de los combustibles fósiles y las respectivas consecuencias ambientales, ha motivado la utilización de nuevas fuentes de energía. Los desarrollos tecnológicos de estas fuentes requieren ser sustentables y accesibles en costo, pues comúnmente la generación de energía produce gases de invernadero y otros contaminantes. Entre las diversas fuentes de energía renovable destaca la energía solar. En una hora llega a la Tierra más energía del Sol que toda la energía consumida por la sociedad en un año. En este sentido, el desarro-

ABSTRACT

This article presents a revision and integral analysis of the results obtained from NaTaO_3 (perovskite) and solid solution of $\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0,1$) of rectangular tunnels, in powder and film form, with high performance in the production of photo(and electro)catalysis of H_2 . The efficiency of these processes was enhanced through: a) the study of the effect of the synthesis methods in the performance and properties of these processes, b) the construction of faceted microstructures in thin films, and c) the formation of heterostructures through the deposition of metallic cocatalysts. Thin films of NaTaO_3 with perovskite structures were obtained highly crystalline by LCVD over stainless steel substrates, for its application in the photocatalytic reaction of water conversion. Orthorhombic phase thin films of NaTaO_3 was obtained by LCVD, with highly pyramidal faceted microstructure; it was also observed the presence of nanosteps. The efficiency of the LCVD films of NaTaO_3 was 13 times higher than other powders. 1D Nanotubes were successfully prepared, from the phases $\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x=0,1$) with rectangular tunnels structures, through the method of solvocombustion.

Keywords: NaTaO_3 ; $\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0,1$), Photo(and electro)catalysis, Hydroge, Heterostructures.

llo de fuentes renovables de energía que sean amigables con el medio ambiente se ha convertido en un tema de atención prioritaria en los últimos cuarenta años (Bartels, Pate y Olson, 2010). Entre las alternativas desarrolladas para el aprovechamiento de la energía solar se encuentran las basadas en procesos fotovoltaicos y fotocatalíticos. En particular, la fotocatalisis se ha consolidado como uno de los procesos más prometedores, con mayor impacto científico, tecnológico y económico para la sociedad debido a las ventajas que involucra, como operación a temperatura y presión ambiental,

* Universidad Autónoma de Nuevo León.

Contacto: leticia.torresgr@uanl.edu.mx; lettorresg@yahoo.com

alta selectividad y reproducibilidad, además de la factibilidad de su escalamiento a nivel industrial (Wan *et al.*, 2018). El alcance de sus aplicaciones comprende desde los ya conocidos procesos de remediación ambiental, hasta la novedosa generación de combustibles limpios a partir de fuentes abundantes, como agua, dióxido de carbono y energía solar (Zeng *et al.*, 2018).

De esta manera, la investigación en el área de la fotocatalisis emerge como una de las herramientas más fuertes para hacer frente a los retos ambientales y energéticos del siglo XXI. En particular, los sistemas energéticos basados en la utilización del hidrógeno representan una de las mejores alternativas debido a su alta eficiencia, compatibilidad ambiental y versatilidad. Además de ser renovables, el principio básico de generar energía a partir del hidrógeno es combinarlo con el oxígeno utilizando celdas de combustible, para generar electricidad y atender todo tipo de demandas (Winter, 2009). El proceso de conversión fotoinducida del agua en H₂ y O₂ mediante el uso de materiales fotocatalizadores y radiación solar se ha empleado eficientemente en sistemas fotocatalíticos o de celdas fotoelectroquímicas (HPC y PEC) (Krol y Parkinson, 2017). El desarrollo de estas tecnologías para su uso en gran escala posee un gran atractivo debido a que el hidrógeno constituye un vector energético que no genera contaminantes tras su uso, además de poseer alta densidad energética. Esta reacción ha recibido mucha atención debido a su factibilidad para el abastecimiento de la demanda futura de combustibles alternos y limpios, para la industria química y las aplicaciones relacionadas con la energía. Sin embargo, su aplicación a mayor escala sigue estando limitada por las bajas eficiencias alcanzadas. En este sentido, uno de los mayores retos en este campo de investigación es el diseño y preparación de materiales fotocatalizadores sustentables, eficientes y abundantes que sean capaces de llevar a cabo la generación de hidrógeno a partir de la luz solar.

Para lograr una economía basada en el hidrógeno, es necesario tener fotocatalizadores eficientes, estables y baratos con la capacidad de producir hidrógeno cuando son iluminados por la luz solar. Los requerimientos básicos de los catalizadores no son simples, entre éstos se incluyen: absorción de la luz en la región del visible, estabilidad en solución acuosa, y un potencial adecuado de sus bandas de valencia y conducción en comparación con los potenciales redox del agua (Li *et al.*, 2018). Entre las familias de materiales que presentan estas propiedades para su uso en procesos fotoinducidos y otras diversas aplicaciones, se encuentran los titanatos, tantalatos, vanadatos, niobatos, molibdatos, etcétera (Kudo, 2003; Jitputti *et al.*, 2006). De los óxidos metálicos que han sido más investiga-

dos para la reacción de conversión del agua en H₂ y O₂ se destacan los formados por cationes con configuración electrónica d^p a d^0 (Takata, Pan y Domen, 2015). Estos materiales pueden ser preparados mediante una gran diversidad de métodos, con estructuras cristalinas estables del tipo perovskitas, túneles rectangulares (1D) y esquelitas, entre otras (Zhu *et al.*, 2014). Los tantalatos y titanatos han sido el tema central de múltiples investigaciones, dirigidas al estudio del efecto de la estructura cristalina, morfología, microestructura y tamaño de partícula sobre la eficiencia fotocatalítica (Lv *et al.*, 2017). Sin embargo, son pocos los estudios que se enfocan en un análisis integral de los diversos factores más relevantes en el desempeño de los diferentes procesos fotoinducidos, en donde se incluyan, además, la influencia significativa que tienen las pequeñísimas variaciones tanto morfológicas como las cristalocómicas de la microestructura cristalina.

En este trabajo se presenta un resumen del análisis integral de las propiedades estructurales, morfológicas, ópticas, texturales y de desempeño en la producción foto y electrocatalítica de hidrógeno de dos tipos de fotocatalizadores: con estructura tipo perovskita (ABO₃: tantalato) y de túneles rectangulares, unidimensionales (1D: titanatos), preparados en forma de polvos y película delgada. El análisis de la evaluación se basó en la influencia de varios factores: *a)* el efecto del método de síntesis (LCVD: depósito químico en fase vapor asistido por láser, estado sólido, sol-gel, solvocombustión), *b)* la construcción de microestructuras altamente facetadas en películas delgadas preparadas por la técnica de LCVD, y *c)* la formación de heteroestructuras mediante el depósito de los cocatalizadores MO (M = Cu, Ni).

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Depósito de películas nanoestructuradas por LCVD

Se prepararon películas de NaTaO₃ con microestructuras altamente facetadas mediante la técnica de LCVD. Los precursores fueron calentados a su temperatura de volatilización. A través de un gas de arrastre, los precursores son transportados hasta la cámara en donde se llevó a cabo la reacción de formación de los productos, la cual es asistida por un láser. La temperatura de depósito se controla a través de la potencia del láser empleada. Como precursor de Na se empleó dipivaloilmatanato de Na, y como precursor de Ta se empleó isopropóxido de Ta. Los flujos de gas empleados de Ar y O₂ gases fueron de 1.7×10^{-6} y 2.5×10^{-6} m³ s⁻¹, respectivamente. La presión total en la cámara de depósito se mantuvo a 0.4

kPa. Se emplearon sustratos de acero inoxidable y se calculó la tasa de depósito a partir del espesor de las películas y el tiempo de depósito (10 min).

Síntesis de $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ por estado sólido y sol-gel

El compuesto $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ fue preparado por reacción del estado sólido y sol-gel. Por estado sólido se mezclaron estequiométricamente los precursores puros y secos: Na_2CO_3 (99.9% DEQ) y TiO_2 (Degussa P25), BaCO_3 (> 99% Sigma Aldrich), y Li_2CO_3 (99% Fermont). Los materiales fueron tratados térmicamente en crisoles de platino hasta 800°C en atmósfera de aire. Para la síntesis por sol-gel del $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ se disolvió butóxido de titanio (97% Sigma Aldrich) en etanol anhidro. En otro recipiente se disolvió acetato de sodio (99.9% Fermont) en agua y se agregó gota a gota a la primera solución. Los geles obtenidos se trataron térmicamente a 900°C para completar la formación de las fases.

Síntesis de $\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0, 1$) por solvocombustión

Se usaron como precursores butóxido de titanio (97% Aldrich), acetato de sodio anhidro, (99% Aldrich) y butóxido de zirconio (80% Aldrich) para preparar las fases $\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0, 1$). Se mezclaron cantidades estequiométricas de los reactivos en un matraz con 30 ml de acetilacetona-etanol (1:1). La mezcla se mantuvo bajo agitación y reflujo a 70°C hasta la evaporación completa de la solución. Después se transfirió el matraz a una parrilla precalentada a 180°C, donde se llevó a cabo la reacción de combustión.

Depósito de MO ($M = \text{Cu}, \text{Ni}$) como cocatalizadores por el método de impregnación por vía húmeda

Las partículas de óxidos metálicos fueron depositadas sobre los titanatos por el método de impregnación húmeda. Para esto, acetatos metálicos (acetato de cobre y de níquel) en diferentes proporciones (0.5-5% en peso) fueron disueltos en etanol. La fracción en masa correspondiente del fotocatalizador sintetizado se agregó, y la suspensión se mantuvo bajo agitación vigorosa durante una hora. Después de este tiempo,

la temperatura se elevó a 80°C para lograr la completa evaporación del solvente y finalmente fueron tratados a 400°C durante dos horas para la formación del óxido.

Caracterización de los materiales

El análisis estructural de las muestras se llevó a cabo empleando un difractómetro de rayos X (DRX) modelo D8 Advance de la marca Bruker, el cual opera a 40 kV y 40 mA con radiación, $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$) en un intervalo de 2θ de 10 a 70° y con un tamaño y tiempo de paso de 0.05° y 0.5 s, respectivamente. La morfología de los materiales se analizó con un microscopio electrónico de barrido (MEB-JEOL 6490LV) en el modo de electrones secundarios y alto vacío a 20 kV de voltaje. La cuantificación elemental de las muestras se realizó por espectroscopia de energía dispersiva de rayos X (EDX), analizando tres zonas al azar. También se llevaron a cabo análisis por microscopía electrónica de transmisión (MET) en un microscopio FEI-Titán con resolución de 0.7 Å. Las propiedades ópticas de las muestras se analizaron en un rango de 200-800 nm usando un espectrofotómetro UV-vis NIR Cary 5000, acoplado con una esfera de integración para mediciones de reflectancia difusa a través de las cuales se calculó la energía de banda prohibida de los materiales (E_g), usando la función Kubelka Munk. La caracterización fotoelectroquímica se llevó a cabo en un potencióstato-galvanostato (Metrohm Autolab), usando una celda de cuarzo convencional de tres electrodos (Ag/AgCl como electrodo de referencia, Pt como contraelectrodo y como electrodo de trabajo una película del material a analizar) y empleando una solución acuosa de Na_2SO_4 0.5 M como electrolito soporte. El área activa de los electrodos fue de 1 cm² y la celda se iluminó con una lámpara de luz UV tipo pluma (UVP, 254 nm and 4,400 mW/cm²). Se realizaron análisis de fotocorriente (PC), voltamperometría lineal (VL) e impedancia electroquímica (EIS).

Evaluación de la actividad fotocatalítica de los materiales para la producción de hidrógeno

La actividad de los materiales se evaluó a temperatura ambiente en un reactor Pyrex de 250 mL. El fotocatalizador en

polvo (0.2 g) o en película (5 mg) se colocó en un reactor con 200 ml de agua desionizada bajo agitación vigorosa. La solución se burbujeó con nitrógeno durante 30 min previo a la reacción. Entonces, la solución fue irradiada con una lámpara tipo pluma (UVP, 254 nm y 4,400 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), y el hidrógeno producido se analizó en un cromatógrafo de gases Thermo Scientific conectado en línea y equipado con un detector de conductividad térmica (TCD) y una columna capilar de sílica fundida (30 m x 0.53 mm). Se empleó N_2 como gas acarreador y se siguió la reacción durante 3 horas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Síntesis y caracterización estructural por DRX del NaTaO_3

El NaTaO_3 fue preparado en forma de película delgada mediante el depósito químico en fase vapor asistido por láser (LCVD). La figura 1 muestra el patrón de difracción de rayos X de las películas de (a) NaTaO_3 ortorrómbico y (b) NaTaO_3 monoclinico depositadas por LCVD. Estos patrones de DRX se indexaron con la fase ortorrómbica ($Pcmm$ 62, $a = 5.5213 \text{ \AA}$, $b = 7.7952 \text{ \AA}$, y $c = 5.4842 \text{ \AA}$; JCPDS: 01-073-0878) y monoclinica ($P2/m$ 10, $a = 3.8995 \text{ \AA}$, $b = 3.8965 \text{ \AA}$, y $c = 3.8995 \text{ \AA}$; JCPDS: 01-074-2479). Ambas películas exhibieron picos similares con diferente orientación preferencial. El NaTaO_3 ortorrómbico exhibió una orientación preferencial en los planos (121) (002), mientras que el NaTaO_3 monoclinico en los planos (100) (001). Otras diferencias se aprecian en el acercamiento en 2θ , $\sim 68^\circ$, de tres a dos picos en las fases ortorrómbica y monoclinica del NaTaO_3 . Las diferencias en la orientación preferencial y estructura cristalina de las muestras fueron atribuidas a la variación de la temperatura de depósito del NaTaO_3 .

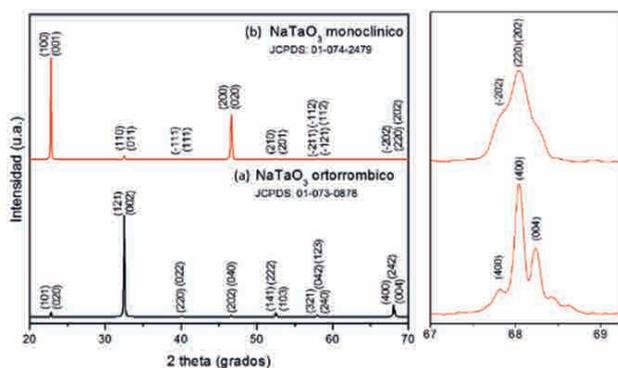


Figura 1. Patrones de difracción de rayos X de las películas de: (a) NaTaO_3 ortorrómbico y (b) NaTaO_3 monoclinico depositadas por LCVD.

Microscopia electrónica de barrido

La figura 2 muestra la microestructura superficial de las películas de (a) NaTaO_3 ortorrómbico y (b) NaTaO_3 monoclinico depositado sobre acero inoxidable por la técnica de LCVD. El NaTaO_3 ortorrómbico exhibió una microestructura altamente facetada, en forma piramidal. La morfología observada en la película con NaTaO_3 monoclinico presentó estructuras similares, pero de menor tamaño y no tan bien definidas como las primeras. La microestructura de un semiconductor juega un papel primordial en el desempeño fotocatalítico del material, ya que afecta directamente el proceso de separación de las cargas fotogeneradas (Van Winsen, 2013). La presencia de *nanosteps* (o nanoescalones) en la superficie de los materiales puede promover una separación efectiva de los pares electrón-hueco, debido a la presencia de caras cristalinas opuestas. Las caras cristalinas presentan diferente valor de carga superficial, por lo cual, el proceso de separación de cargas es optimizado en este tipo de estructura (Voorzanger, 2012). La absorción de la luz en el material también es influenciada por su microestructura (Osterloh, 2013), de este modo, la estructura piramidal obtenida en las películas de NaTaO_3 , así como la presencia de nanoescalones, promueve una mejor absorción de la luz y separación de cargas (figura 3c).

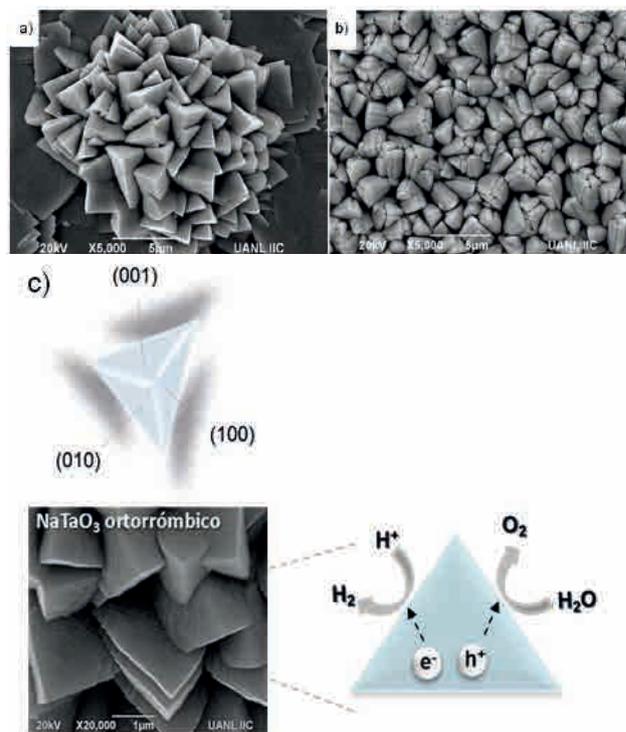


Figura 2. Microestructura superficial y vista transversal de las películas de (a) NaTaO_3 ortorrómbico, (b) NaTaO_3 monoclinico depositado por LCVD, y (c) mecanismo de separación de cargas en NaTaO_3 ortorrómbico.

Propiedades ópticas de las películas determinadas por espectroscopia de reflectancia difusa

Las películas de NaTaO_3 exhibieron absorción en la región UV, por debajo de los 320 nm. En el NaTaO_3 , la banda de conducción está compuesta principalmente por orbitales $\text{Ta}5d$; la banda de valencia, por orbitales $\text{O}2p$. En el espectro de absorción se pudo apreciar la transición banda a banda de los electrones desde los orbitales $\text{O}2p$ a los orbitales $\text{Ta}5d$. Se construyeron las curvas Tauc para las películas de NaTaO_3 (figura 3 a-b), considerando transiciones directas e indirectas para las fases ortorrómbica y monoclinica, respectivamente. NaTaO_3 monoclinico exhibió la menor energía de banda prohibida (3.92 eV), comparado con NaTaO_3 ortorrómbico (4.01 eV). Esto indica que los electrones fotogenerados en NaTaO_3 ortorrómbico poseen mayor energía para llevar a cabo la reacción de reducción del agua. La estructura cristalina afecta directamente a la de bandas de los materiales y, por lo tanto, sus propiedades ópticas. En los tantalatos alcalinos con estructura tipo perovskita, se reporta la influencia del ángulo de enlace Ta-O-Ta en los octaedros sobre la deslocalización de energía, prediciendo una mejor deslocalización cuando el ángulo Ta-O-Ta es cercano a 180° (Eng *et al.*, 2003). Este efecto se asocia con las diferencias en los valores del *band gap* de las fases ortorrómbica y monoclinica. A partir de este principio, se espera que la deslocalización de energía sea mayor en el NaTaO_3 con estructura monoclinica. Sin embargo, también es bien sabido que el proceso de absorción de luz en un semiconductor con transición indirecta es menos eficiente que en un semiconductor con transición directa, debido a la implicación de una tercera partícula (fonón), lo cual reduce la eficiencia de absorción de la luz. Esto también afecta el espectro de absorción del semiconductor, promoviendo un salto más definido en el caso de un semiconductor con transición directa, comparado a aquéllos con transición indirecta (Kisch, 2015). Debido a que el NaTaO_3 ortorrómbico presenta una transición directa, el proceso de absorción de la luz es más eficiente en este material, comparado con el NaTaO_3 monoclinico, que exhibe una transición indirecta.

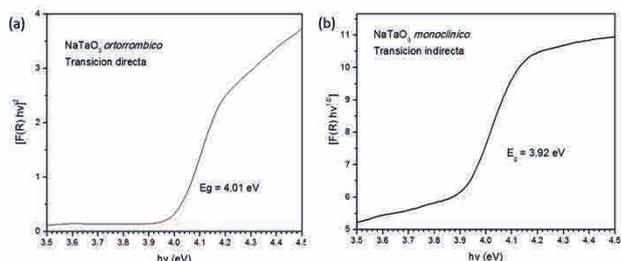


Figura 3. Curvas Tauc de las películas depositadas por LCVD de NaTaO_3 ortorrómbico y monoclinico (a-b).

Caracterización fotoelectroquímica

La figura 4(a) presenta las curvas características de corriente-potencial de las películas de NaTaO_3 depositadas por LCVD. La densidad de fotocorriente de las muestras a -0.8 V, así como los potenciales de circuito abierto y se resumen en la tabla I. A partir de las curvas presentadas en la figura 4(a), se determinó que los electrodos basados en las películas de NaTaO_3 exhiben una mayor fotocorriente, en el rango de 4.3 (NaTaO_3 ortorrómbico) a 4.1 (NaTaO_3 monoclinico) mA/cm^2 . Los electrodos mostraron respuestas estables después de varios ciclos sin variación significativa en sus propiedades, confirmando la estabilidad para su uso en la reacción de descomposición del agua.

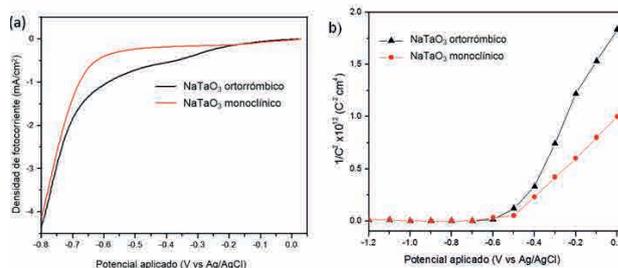


Figura 4. (a) Densidad de fotocorriente y (b) Mott Schottky de las películas de NaTaO_3 depositadas por LCVD.

Tabla I. Propiedades ópticas y fotoelectroquímicas de las películas de NaTaO₃ depositadas por LCVD.

Muestra	Band gap (eV)	J _p a -0.8 V vs Ag/AgCl (mA/cm ²)	V _{oc} (V vs Ag/AgCl)	V _{fb} (V vs Ag/AgCl)	N _d (cm ⁻³)	Eficiencia de conversión η (%)
NaTaO ₃ ortorrómbico	4.01	4.30	0.019	-0.60	2.88 × 10 ¹²	1.93
NaTaO ₃ monoclinico	3.92	4.10	0.030	-0.52	1.90 × 10 ¹²	1.88

Las mediciones de espectroscopia de impedancia electroquímica permitieron investigar la transferencia de carga en los electrodos de NaTaO₃. La figura 4(b) muestra las gráficas de Mott-Schottky de las películas de NaTaO₃ preparadas por LCVD. El potencial de banda plana (*flat band potential*, E_{FB}) y la densidad de donadores (N_d) se estimó a partir de estas curvas. Estos parámetros se resumen también en la tabla I. Las gráficas de Mott-Schottky de todas las muestras exhiben pendientes positivas, lo cual indica que los semiconductores son del tipo *n*. El potencial de banda plana de las muestras varía en el rango de -0.60 a -0.50 V. Este parámetro afecta directamente la fotorespuesta del material, y un valor más negativo involucra una mejor habilidad para promover la separación de cargas en el semiconductor (Kumar *et al.*, 2011). La densidad de donadores en los electrodos de NaTaO₃ varió de 2.88x10¹² a 1.10x10¹² cm⁻³. Una densidad de donadores mayor implica una mayor concentración de portadores de carga, y está relacionada con una mayor conductividad en la muestra, y a un campo eléctrico más intenso en la interfaz semiconductor-electrolito, lo cual mejora la eficiencia del transporte de electrones y huecos en las regiones externas del electrodo, siendo esto favorable para su desempeño fotocatalítico (Cesar *et al.*, 2009). La eficiencia de conversión se puede calcular en términos de la energía solar aprovechada en la producción de hidrógeno, a través de la siguiente ecuación:

$$\eta(\%) = J_p [(1.23 - V_{app}) / I_0] \times 100$$

donde J_p es la densidad de fotocorriente en mA/cm², I₀ es la intensidad de la luz incidente,

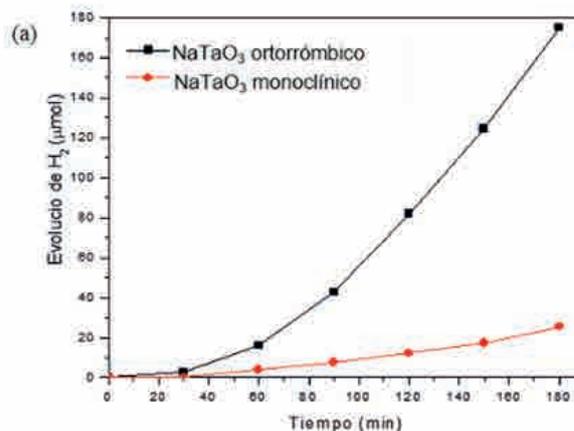
$$V_{app} = V_{mea} - V_{oc}$$

donde V_{mea} es el potencial del electrodo de trabajo al cual se midió la fotocorriente bajo iluminación y V_{oc} es el potencial a circuito abierto bajo las mismas condiciones de trabajo (Kumar *et al.*, 2011). La eficiencia de conversión más alta (%STH) se obtuvo en la película de NaTaO₃ ortorrómbico (1.93 %), y corresponde con las propiedades más favorables para la reac-

ción de *water splitting*, lo cual incluye una densidad de fotocorriente mayor, alta concentración de portadores de carga y una microestructura que promueve la separación y transferencia de las cargas fotogeneradas.

Producción fotocatalítica de hidrógeno del NaTaO₃

La actividad fotocatalítica para la producción de H₂ sobre las películas de NaTaO₃ preparadas por LCVD se evaluó bajo luz UV y se presenta en la figura 5(a). Se observa que los fotocatalizadores exhibieron una actividad estable para la evolución de hidrógeno durante tres horas. No se observó disminución en la actividad, debido a la alta estabilidad de los materiales. La tasa promedio de producción de H₂ se calculó a partir de estas curvas y los valores se presentan en la figura 5(b). Se calculó la actividad de los materiales en μmol·g⁻¹·h⁻¹ para hacer una comparación con la actividad de los mismos materiales en polvo, y debido a que éstas son las unidades más comúnmente utilizadas para reportar la tasa de producción de H₂. En el caso de películas, es importante comentar que la actividad de los fotocatalizadores se determinó por unidad de área superficial. El área superficial activa de los electrodos preparados en este trabajo es de 1 cm² (Huerta-Flores *et al.*, 2016; 2017).



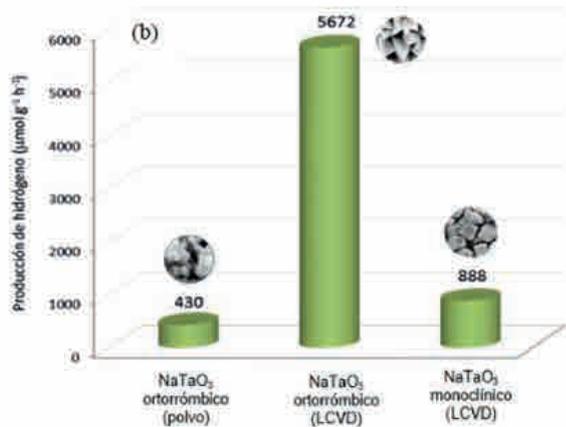


Figura 5. (a) Producción de H₂ en las películas de NaTaO₃ preparadas por LCVD y (b) resumen de la actividad.

La tendencia presentada por los materiales en la tasa promedio de producción de hidrógeno fue: NaTaO₃ ortorrómbico (74 µmol·cm⁻²) > NaTaO₃ monoclinico (11 µmol·cm⁻²). En unidades de µmol·g⁻¹·h⁻¹, la actividad de las muestras fue de 5672 y 888, respectivamente. La tasa de producción más alta se obtuvo por la película de NaTaO₃ ortorrómbico, y corresponde al fotocatalizador que exhibió la eficiencia de conversión más alta calculada en la sección anterior (1.93% STH). Esta actividad se relaciona con las propiedades estructurales, ópticas, morfológicas y eléctricas de las películas. La mayor actividad obtenida por el NaTaO₃ ortorrómbico se adjudicó a la morfología tipo piramidal y la presencia de nanoescalones por el uso de la técnica de depósito de LCVD. Este tipo de microestructura, en la cual caras cristalinas con diferente carga superficial crecen en sentido opuesto, promueve una separación eficiente de las cargas fotogeneradas y reduce la recombinación. Esta microestructura ofrece una

mayor área superficial expuesta, y la presencia de escalones proporciona un mayor número de sitios activos para la reacción de evolución de hidrógeno. La absorción de luz en este fotocatalizador se favoreció por la naturaleza de su transición electrónica directa, en comparación a la transición indirecta en NaTaO₃ monoclinico. Las mediciones fotoelectroquímicas presentadas corroboraron las propiedades superiores de la película de NaTaO₃ ortorrómbico, lo cual se confirmó por la mayor densidad de fotocorriente observada, la mayor concentración de portadores de carga y la eficiencia de conversión más alta obtenida en esta muestra. La película de NaTaO₃ ortorrómbico exhibió una actividad seis veces superior a la de la película de NaTaO₃ monoclinico, y 13 veces mayor a la de NaTaO₃ ortorrómbico obtenido en polvo por el método de solvocombustión (Gómez-Solís *et al.*, 2014; Torres-Martínez *et al.*, 2010).

Por otro lado, debido a que las fuentes de irradiación empleadas en los trabajos son diferentes, es difícil establecer una comparación directa de las actividades. Sin embargo, a través de la eficiencia de conversión calculada en las muestras desarrolladas en este trabajo, y la estimada en los trabajos previos, se estableció una comparación en términos del porcentaje de conversión de la energía solar usada en la producción de hidrógeno. Este parámetro es utilizado para describir la verdadera eficiencia de producción de hidrógeno en la reacción de descomposición del agua. Los valores de la eficiencia de conversión de las muestras preparadas por LCVD en este trabajo de revisión son significativamente mayores a las exhibidas por materiales similares preparados en polvo, y corresponden a eficiencias atractivas para el uso de estos materiales en reactores de mayor escala.

Tabla II. Resumen de las actividades en evolución de hidrógeno reportadas para NaTaO₃ en sistemas fotocatalíticos.

Fotocatalizador	Método de preparación	H ₂ (mmol g ⁻¹ h ⁻¹)	Fuente de irradiación	Eficiencia de conversión η (%)	Referencia
NaTaO ₃ ortorrómbico	Estado sólido	13	UV Hg 400 W	0.004	(Gómez-Solís <i>et al.</i> , 2014; Torres-Martínez <i>et al.</i> , 2010)
NaTaO ₃ monoclinico	Sol-gel	1940		0.58	
NaTaO ₃ ortorrómbico	Solvocombustión	430		0.04	
NaTaO ₃ ortorrómbico	LCVD	5672	UVP, 254 nm 4,400 μW/cm ²	1.93	(Huerta-Flores <i>et al.</i> , 2016; 2017)
NaTaO ₃ monoclinico	LCVD	888		1.88	
NaTaO ₃ ortorrómbico	Solvocombustión/ screen printing	571		0.16	
Au-Pd/NaTaO ₃ ortorrómbico ³	Solvocombustión/ screen printing	3305		0.64	
					(Gómez-Solís <i>et al.</i> , 2014; Rodríguez-Torres <i>et al.</i> , 2017)

Titanatos con estructura de túneles rectangulares: MO (M = Cu, Ni)/Na₂ZrTi₅O₁₃ (x = 0.1)

Se presenta el análisis integral de los resultados de síntesis, caracterización y evaluación fotocatalítica para la producción de hidrógeno de los compuestos estudiados con estructura de túneles rectangulares y morfología unidimensional (1D) (Huerta-Flores, Torres-Martínez y Moctezuma, 2017).

Caracterización estructural y morfológica de la solución sólida Na₂Zr_xTi_{6-x}O₁₃ (x = 0,1)

La incorporación de un átomo de Zr en la estructura del Na₂Ti₆O₁₃ fue evidenciada por DRX en polvos y refinando su patrón por el método Rietveld. En la tabla III se puede observar el desplazamiento de los parámetros de celda debido a la distorsión en los sitios octaédricos por la presencia del

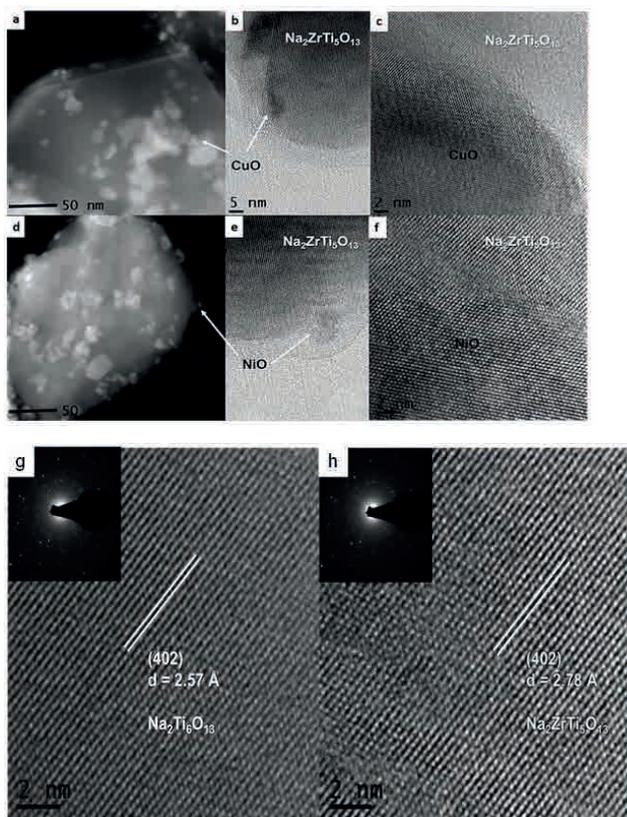
radio superior del Zr⁴⁺ (0.86 Å) comparado con el del Ti⁴⁺ (r_i = 0.74 Å).

Tabla III. Parámetros cristalográficos obtenidos del refinamiento Rietveld de las muestras Na₂Ti₆O₁₃ y Na₂ZrTi₅O₁₃.

Material	Constantes de red			
	a (Å)	b (Å)	c (Å)	β (°)
Na ₂ Ti ₆ O ₁₃	15.1310	3.7450	9.1590	99.3000
Na ₂ ZrTi ₅ O ₁₃	15.1961	3.7514	9.1654	99.1860

La morfología de las fases se estudió a través de microscopía electrónica de transmisión (figura 6). En estas imágenes se pueden observar las fases altamente cristalinas de Na₂Ti₆O₁₃ y Na₂ZrTi₅O₁₃, así como la dispersión homogénea de las nanopartículas de óxidos metálicos en la superficie de los materiales. A través de las imágenes MET de alta resolución de las muestras se calcularon las distancias interplanares, correspondiendo a 2.57 Å y 2.78 Å para el Na₂Ti₆O₁₃ y el Na₂ZrTi₅O₁₃, respectivamente, en el plano (402). Esto confirma la inserción del Zr⁴⁺ dentro de la estructura cristalina del Na₂Ti₆O₁₃.

Figura 6. Imágenes de MET de las muestras de $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ y $\text{Na}_2\text{ZrTi}_5\text{O}_{13}$ modificadas con CuO y NiO.



Producción fotocatalítica de las fases $\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0,1$)

La actividad de las fases $\text{MO}/\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0,1$) se resume en la figura 7. Como se observa en esta figura, la actividad del $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ se incrementó 8.9 veces con la incorporación de Zr^{4+} en $\text{Na}_2\text{ZrTi}_5\text{O}_{13}$. Esto se adjudicó a los siguientes factores: (i) debido a la diferencia en las longitudes de enlace Ti-O y Zr-O, y a la distribución de carga alrededor del do-

pante Zr, lo cual genera un campo eléctrico interno en la estructura, promoviendo una mejor separación de los electrones y huecos y mejorando la transferencia de carga en la fase $\text{Na}_2\text{ZrTi}_5\text{O}_{13}$. Adicionalmente, (ii) los iones dopantes de Zr^{4+} pueden actuar como trampas de electrones. Estos electrones pueden ser transferidos a las moléculas de agua adsorbidas en la superficie del fotocatalizador. Este proceso disminuye la recombinación del par hueco-electrón, e incrementa la actividad fotocatalítica del material. La adición de nanopartículas de NiO y CuO como cocatalizadores también incrementó la actividad fotocatalítica, siendo la fase $\text{Na}_2\text{ZrTi}_5\text{O}_{13}$ -CuO el material que exhibió la mayor actividad, la cual corresponde a 13.6 veces la actividad del $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ puro. De acuerdo a los resultados, se propone que los procesos de transferencia de carga optimizados en este material son consecuencia de la adecuada interdispersión del $\text{Na}_2\text{ZrTi}_5\text{O}_{13}$ tipo *n* y el CuO tipo *p*, lo cual promueve un uso más eficiente de las cargas fotogeneradas, resultando en una mayor actividad fotocatalítica.

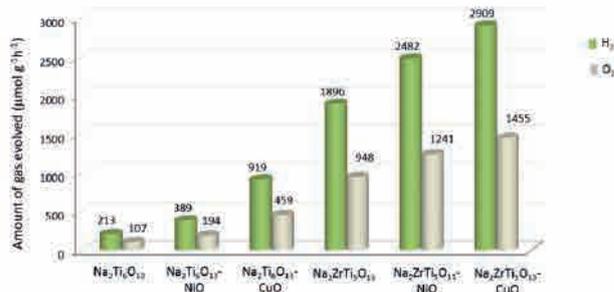


Figura 7. Resumen de la producción fotocatalítica de hidrógeno y oxígeno sobre las fases $\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$.

Es posible observar que la producción estequiométrica de hidrógeno y oxígeno sobre las fases $\text{MO}/\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0,1$). Y también se puede inferir que es claro que las actividades obtenidas utilizando estos fotocatalizadores son superiores a la mostrada por fotocatalizadores similares, con la misma estructura unidimensional (1D) reportados en otros trabajos en la bibliografía, tal como se resume en la tabla IV

Tabla IV. Resumen de las actividades reportadas para la producción de hidrógeno en sistemas fotocatalíticos sobre las fases $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ y $\text{Na}_2\text{Ti}_5\text{ZrO}_{16}$.

Fotocatalizador	Método de síntesis	H_2 (mmol $\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$)	Fuente de irradiación	Referencia
$\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$	Estado sólido	0.4	Xe 400 W	(Inoue, Kubokawa y Sato, 1991)
0.23% RuO_x - $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$		29.2		
1% RuO_2 - $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$	Estado sólido	70	Xe 400 W	(Ogura <i>et al.</i> , 1999)
$\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$	Sol-gel	5	UV Hg 400 W	(Vázquez-Cuchillo <i>et al.</i> , 2013)
Zr/ $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$		15		
2% RuO_2 -Zr/ $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$		265		
$\text{Na}_2(\text{Ti}_{0.85}\text{Zr}_{0.15})_4\text{O}_9$	Lixiviación	80	UV Hg 350 W	(Wang <i>et al.</i> , 2012)
		(10% metanol)		
$\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$	Solvocombustión	213	UVP, 254 nm 4,400 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	(Huerta-Flores, Torres-Martínez y Moctezuma, 2017)
$\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ -NiO		389		
$\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ -CuO		919		
$\text{Na}_2\text{ZrTi}_5\text{O}_{13}$		1896		
$\text{Na}_2\text{ZrTi}_5\text{O}_{13}$ -NiO		2482		
$\text{Na}_2\text{ZrTi}_5\text{O}_{13}$ -CuO		2909		

CONCLUSIONES

De la revisión de los artículos más recientes de investigaciones sobre la producción fotocatalítica de hidrógeno utilizando el NaTaO_3 con estructura tipo perovskita y la solución sólida $\text{MO}/\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0, 1$), se puede concluir lo siguiente:

- Fue posible obtener películas delgadas altamente cristalinas de las fases NaTaO_3 por la técnica de LCVD para su aplicación en la producción fotocatalítica de hidrógeno.
- Se demostró que la composición y microestructura de las películas se puede controlar a través de las condiciones de depósito.
- La técnica de LCVD permite la obtención de películas de diferente composición, estructura cristalina y microestructura.
- La actividad fotocatalítica para la producción de hidrógeno de la película de NaTaO_3 ortorrómbico fue seis veces mayor a la de la película de NaTaO_3 monoclinico.
- La actividad obtenida en la película de NaTaO_3 ortorrómbico es 13 veces mayor a la mostrada por el mismo material en polvo obtenido por el método de solvocombustión. Esta actividad se relacionó directamente con la microestructura de tipo piramidal con la presencia de nanoescalones observada en el NaTaO_3 ortorrómbico.
- Se demostró que la actividad fotocatalítica de los materiales preparados en este trabajo por LCVD en película delgada es

altamente competitiva comparada con la de fotocatalizadores similares preparados por otros métodos, por lo que se recomienda el uso de estas técnicas para la fabricación de fotocatalizadores nanoestructurados para su uso en reactores a mayor escala.

- Se prepararon exitosamente las fases isoestructurales $\text{Na}_2\text{Zr}_x\text{Ti}_{6-x}\text{O}_{13}$ ($x = 0, 1$) por los métodos de estado sólido, sol-gel y solvocombustión, obteniendo estructuras unidimensionales (1D).
- Los materiales exhibieron alta estabilidad para la producción de hidrógeno y oxígeno (en el material dopado con Zr) durante tres horas.
- El $\text{Na}_2\text{ZrTi}_5\text{O}_{13}$ mostró la actividad más alta de producción de H_2 (1896 $\mu\text{molg}^{-1}\text{h}^{-1}$) comparando los demás titanatos. La incorporación de Zr^{4+} generó una distorsión en la estructura, lo cual mejoró el proceso de transporte y separación de cargas, redujo la recombinación e incrementó la actividad fotocatalítica.
- La morfología característica 1D del hexatitanato de sodio jugó un rol muy importante en la actividad fotocatalítica, incrementando la separación de las cargas a través de la estructura 1D.
- Los titanatos se modificaron con nanopartículas de óxidos metálicos, MO ($M = \text{Ni}, \text{Cu}$), por el método de impregnación. Esto promovió un mejor transporte de cargas y una mayor actividad fotocatalítica. La actividad más alta se obtuvo en la fase $\text{Na}_2\text{ZrTi}_5\text{O}_{13}$ modificada con CuO (2909

$\mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$), y corresponde a un incremento de 13.6 veces la actividad del semiconductor puro.

- Este incremento en la actividad fotocatalítica se atribuyó a la formación de una heteroestructura *n-p* entre el titanato (semiconductor tipo *n*) y el CuO (semiconductor tipo *p*) promoviendo la separación, transferencia y utilización de las cargas fotogeneradas en la reacción fotocatalítica. En resumen, los fotocatalizadores desarrollados en este trabajo presentaron actividades competitivas para la producción de hidrógeno comparados con materiales similares reportados en la literatura.

REFERENCIAS

- Bartels, J.R., Pate, M.B., y Olson, N.K. (2010). An economic survey of hydrogen production from conventional and alternative energy sources. *International Journal of Hydrogen Energy*. 35:8371-8384.
- Cesar, I., Sivula, K., Kay, A., *et al.* (2009). Influence of Feature Size, Film Thickness, and Silicon Doping on the Performance of Nanostructured Hematite Photoanodes for Solar Water Splitting. *J. Phys. Chem. C*. 113:772-782.
- Eng, H.W., Barnes, P.W., Auer, B.M., *et al.* (2003). Investigations of the electronic structure of d0 transition metal oxides belonging to the perovskite family. *J. Solid State Chem.* 175(1):94-109.
- Gómez-Solís, C., Ruiz Gómez, M.A., Torres-Martínez, L.M., *et al.* (2014). Facile solvocombustion synthesis of crystalline NaTaO₃ and its photocatalytic performance for hydrogen production. *Fuel*. 130:221-227.
- Huerta-Flores, A.M., Chen, J., Ito, A., *et al.* (2016). High-speed deposition of oriented orthorhombic NaTaO₃ films using laser chemical vapor deposition. *Materials Letters*. 184:257-260.
- Huerta-Flores, A.M., Chen, J., Torres-Martínez, L.M., *et al.* (2017). Laser assisted chemical vapor deposition of nanostructured NaTaO₃ and SrTiO₃ thinfilms for efficient photocatalytic hydrogen evolution. *Fuel*. 197: 174-185.
- Huerta-Flores, A.M., Torres-Martínez, L.M., y Moctezuma, E. (2017). Overall photocatalytic water splitting on Na₂Zr_xTi_{6-x}O₁₃ (x=0,1) nanobelts modified with metal oxide nanoparticles as cocatalysts. *International Journal of Hydrogen Energy* 42 ,14547-14559. ISSN: 0360-3199.
- Inoue, Y., Kubokawa, T., y Sato, K.J. (1991). Photocatalytic activity of alkali-metal titanates combined with ruthenium in the decomposition of water. *Phys. Chem.* 95:4059-4063.
- Jitputti, J., Pavasupree, S., Suzuki, Y., *et al.* (2006). Photocatalytic Hydrogen Evolution over Tantalate Photocatalysts. *Solar Ener. Convers*:0974:CC09.
- Kisch, H. (2015). *Photocatalysis: Principles and Applications*. Wiley-VCH.
- Krol, R., y Parkinson, B.A. (2017). Perspectives on the photoelectrochemical storage of solar energy. *MRS Ener. & Sust.* 4:1-11.
- Kudo, A. (2003). Photocatalyst Materials for Water Splitting. *Catalysis Surv* 7(1):31-38.
- Kumar, P., Sharma, P., Shrivastav, R., *et al.* (2011). Electrodeposited zirconium-doped $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ thin film for photoelectrochemical water splitting. *Int. J. Hydrogen Energy*. 36:2777-2784.
- Li, F., Yang, H., Li, W., *et al.* (2018). Device Fabrication for Water Oxidation, Hydrogen Generation, and CO₂ Reduction via Molecular Engineering. *Joule*. 2(1):36-60.
- Lv, M., Sun, X., Wei, S., *et al.* (2017). Ultrathin Lanthanum Tantalate Perovskite Nanosheets Modified by Nitrogen Doping for Efficient Photocatalytic Water Splitting. *ACS Nano*. 11(11):11441-11448.
- Ogura, S., Kohnno, M., Sato, K., *et al.* (1999). Photocatalytic properties of M₂Ti₆O₁₃ (M=Na, K, Rb, Cs) with rectangular tunnel and layer structures: Behavior of a surface radical produced by UV irradiation and photocatalytic activity for water decomposition. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 1:179-183.
- Osterloh, F.E. (2013). Inorganic nanostructures for photoelectrochemical and photocatalytic water splitting. *Chem. Soc. Rev.* 42:2294-2320.
- Rodríguez-Torres, J., Gómez-Solís, C., Torres-Martínez, L.M., *et al.* (2017). Synthesis and characterization of Au-Pd/NaTaO₃ multilayer films for photocatalytic hydrogen production. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 332:208-214.
- Takata, T., Pan, C., y Domen, K. (2015). Recent progress in oxynitride photocatalysts for visible-light-driven water splitting. *Sci. Technol. Adv. Mater.* 16:033506.
- Torres-Martínez, L.M., R. Gómez, O. Vázquez-Cuchillo, *et al.* (2010). Enhanced photocatalytic water splitting hydrogen production on RuO₂/La: NaTaO₃ prepared by sol-gel method. *Catalysis Communications*. 12:268-272.
- Van Winsen, J.E. (2013). Phys. Research Project University Amsterdam.
- Vázquez-Cuchillo, O., Gómez, R., Cruz-López, A., *et al.* (2013). Improving Water Splitting Using RuO₂-Zr/Na₂Ti₆O₁₃ as a Photocatalyst. *Photochem. And Photobiol. A: Chemistry*:266:6-11.
- Voorzanger, J. (2012). VU University Amsterdam.
- Wan, W., Zhang, R., Ma, M., *et al.* (2018). Monolithic aerogel photocatalysts: a review. *J. Mater. Chem. A*. 6:754-775.
- Wang, D.J., Li, Z.H., An, Y.L., *et al.* (2012). Photocatalytic H₂ evolution property of Zr-doped sodium titanate nanobelts prepared by dealloying of Ti-based metallic glassy powders. *Shen J. Int. Conf. Photosynthesis Research for Sustainability*. 37:8240-8248.
- Winter, C.J. (2009). Hydrogen energy abundant, efficient, clean: A debate over the energy-system-of-change. *Int. J. Hydrogen Energy*. 34:S1-S52.
- Zeng, S., Kar, P., Thakur, U.K., *et al.* (2018). A review on photocatalytic CO₂ reduction using perovskite oxide nanomaterials. *Nanotechnol.* 29:5-15.
- Zhu, X., Zhang, F., Wang, M. *et al.* (2014). Facile synthesis, structure and visible light photocatalytic activity of recyclable ZnFe₂O₄/TiO₂. *Appl. Surf. Sci.* 319:83-89.



Curiosidad

CURIOSIDAD

LAS ONDAS GRAVITACIONALES

Julieta Fierro*

Los astrónomos cuentan con una nueva herramienta para explorar el universo: las ondas gravitacionales. Hasta hace poco, casi toda la información se obtenía a partir del análisis de la luz y del resto de la radiación electromagnética.

Albert Einstein predijo que el espacio se curva en presencia de cuerpos con gran cantidad de materia. Así como cuando aventamos una pelota cae hacia la Tierra, siguiendo una parábola, la luz cae hacia los cuerpos muy masivos formando una trayectoria curva. Podemos imaginar que el universo está lleno de líneas plegadas invisibles, por donde se desplazan los astros y los rayos de luz: como si el universo fuera una inmensa cuadrícula de cuatro dimensiones, tres espaciales y una temporal.

*Universidad Nacional Autónoma de México.
Contacto: julieta@astro.unam.mx

Si se deja caer una piedra sobre un charco, avanzan ondas en el charco. Si por algún motivo aumenta la gravedad en algún sitio, por ejemplo, si chocan dos estrellas de neutrones, las líneas de la cuadrícula cósmica se agitan y la perturbación avanza, de manera similar a como avanzan las ondas en el charco de agua; la velocidad de propagación de las ondas gravitacionales es igual a la velocidad de la luz.

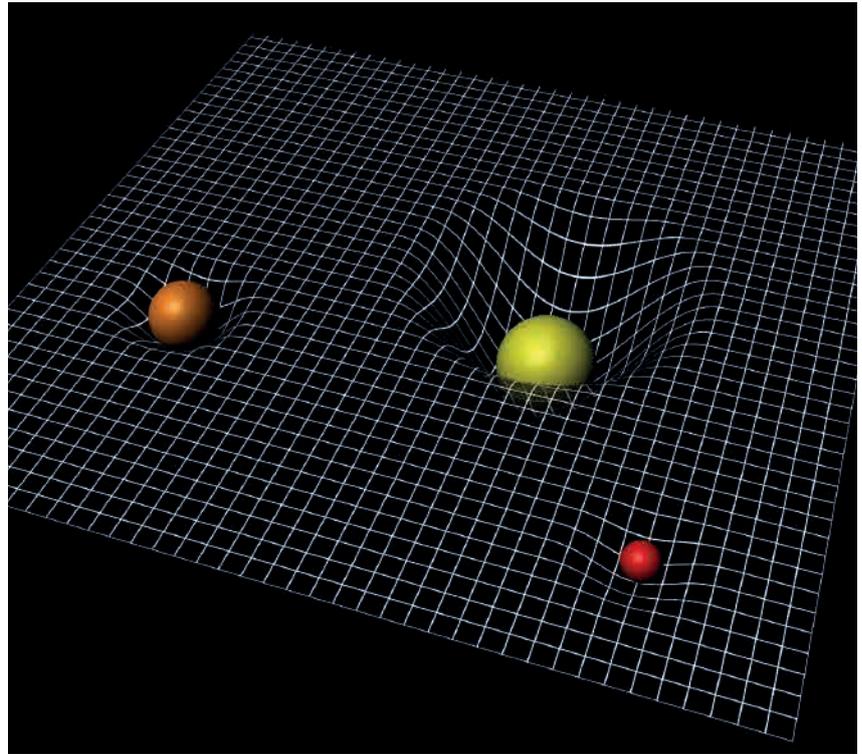


Figura 1. Albert Einstein predijo la curvatura del espacio (ESA).

Aunque Einstein predijo la existencia de ondas gravitacionales, hasta ahora no había sido posible medirlas. Para conmemorar los 100 años de los cinco primeros artículos de Einstein, en 2005 se colocaron tres satélites en órbita a la misma distancia de la Luna con la esperanza de que, al pasar una onda gravitacional, dos de ellos se alejaran y acercaran al mismo tiempo que el tercero y la Luna se acercaran y alejaran a la misma frecuencia. El experimento no tuvo éxito porque los posicionadores globales de la época no eran lo suficientemente sensibles como para detectar movimientos tan pequeños de manera precisa. Sin embargo, gracias a este intento, los posicionadores se han perfeccionado y ahora nos beneficiamos todos los días con ellos, ubicando nuestra posición con toda facilidad. Ahora se están construyendo nuevos satélites con mejores instrumentos para tratar de detectar el paso de ondas gravitacionales.



Figura 2. Los fenómenos gravitacionales producen perturbaciones en la estructura del espacio-tiempo (Physics World).

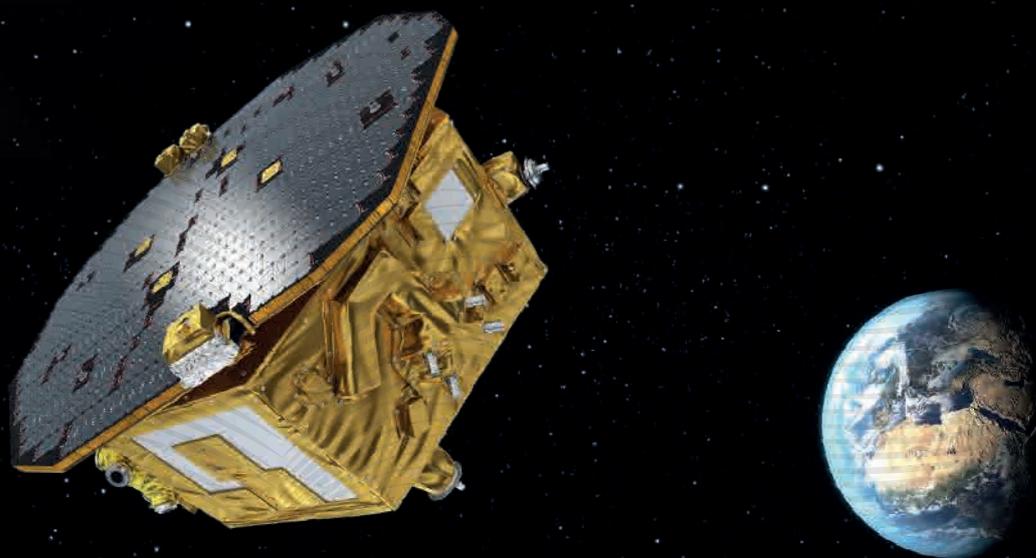


Figura 3. Pronto existirán laboratorios en órbita para medir el paso de ondas gravitacionales. Por ejemplo, LISA, que las detectará midiendo cómo varían las distancias de objetos en caída libre que lleva a bordo (ESA-C. Carreau).

Por fin, el instrumento Ligo detectó el paso de ondas gravitacionales cuando dos hoyos negros de unos 100 km de diámetro se fusionaron en uno solo. Cuando los objetos se unificaron, parte de su masa se transformó en ondas gravitacionales, lo que produjo una señal muy intensa en Ligo. Las masas iniciales de los hoyos negros fueron de 36 y 29 masas solares, respectivamente. De éstas, tres masas solares se transformaron en energía gravitacional en 0.2 segundos.

El detector de ondas gravitacionales utiliza una propiedad de la luz conocida como interferometría. Estos patrones se producen cuando las ondas luminosas se suman o restan. El lector ha observado patrones de interferencia al mirar la luz de un foco a través de una cortina de gasa. Esta propiedad se puede utilizar para medir desplazamientos con enorme precisión. Si dos espejos están a la misma distancia de un detector o a una distancia distinta, el patrón de interferencia variará, porque el paso de las ondas gravitacionales deforma la Tierra. Es complejo medir las ondas gravitacionales, ya que producen oscilaciones del tamaño de un átomo para detectores separados varios kilómetros. ¡Es la distancia menor medida en la historia de la humanidad!



Figura 4. Patrón de interferencia (Sybille Yates).

El experimento Ligo hace lo siguiente: se colocan dos espejos a la misma distancia de un detector. Si reflejan un haz de luz de un rayo láser, éste produce un patrón de interferencia predeterminado. Si la distancia entre el detector y los espejos varía, cambiará el patrón de interferencia y se podrá conocer con gran precisión cuál fue el desplazamiento de los espejos.

Para lograr esta hazaña se utiliza un rayo láser que incide sobre un espejo que lo divide en dos haces sobre dos espejos equidistantes. Los espejos reflejan el haz que regresa al espejo divisor, éste los redirecciona a un detector que genera el patrón de interferencia. El patrón de interferencia permanece inalterado mientras los espejos permanezcan a la misma distancia. Si los espejos cambian ligeramente de posición, el patrón se modificará.

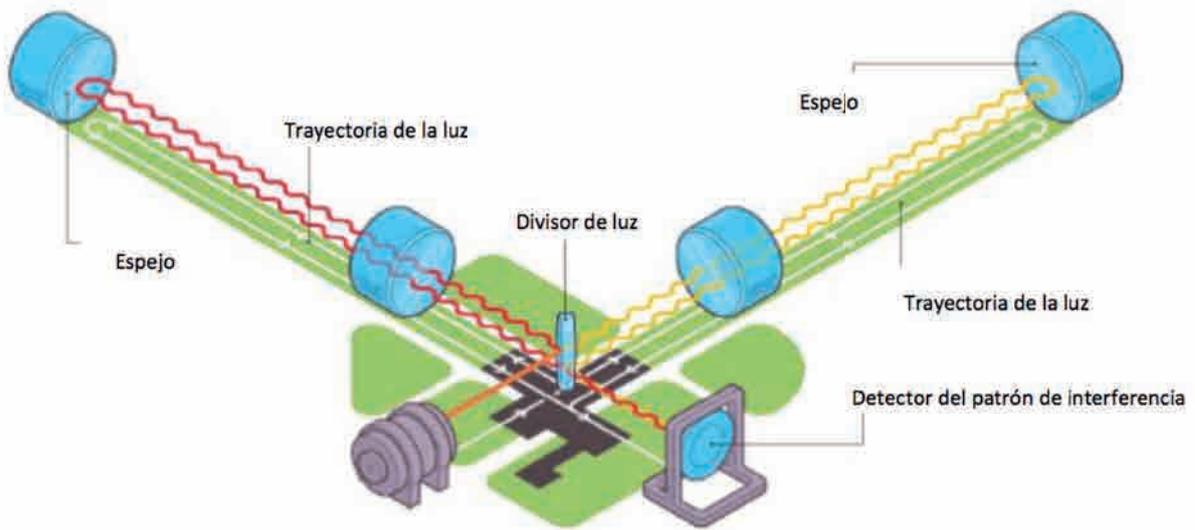


Figura 5. Interferómetro que empleó Ligo para medir el paso de las ondas gravitacionales.

Para tener la seguridad de que la señal que pudiera llegar a Ligo y mover los espejos fuera en realidad una onda gravitacional se construyeron dos equipos iguales, colocados a 3000 km de distancia. Las únicas señales válidas serían las idénticas que llegarán de manera cuasi simultánea a los dos detectores.

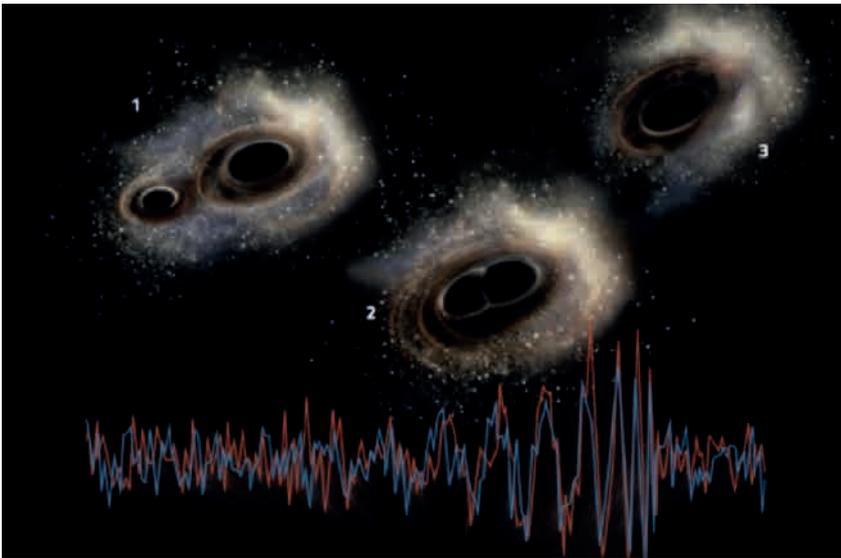


Figura 5. Ilustración de dos hoyos negros y la señal detectada por los dos laboratorios Ligo, conforme se fueron acercando (1, 2), y al colisionar (3) (Ligo).

Gracias a las ondas gravitacionales podremos estudiar los objetos cuya gravedad es inmensa, como los hoyos negros de millones de masas solares que están en los centros de las galaxias.

Las ondas gravitacionales no sólo son una gran herramienta para detectar eventos muy energéticos en el cosmos, también nos aportan conocimiento básico en Física, además la tecnología desarrollada para estos descubrimientos se traduce en productos de innovación que a la larga benefician a millones de seres humanos. Aunque el objetivo de la ciencia es sólo avanzar el conocimiento, es innegable la enorme cantidad de productos que ha generado y que empleamos todos los días para hacernos más grata la existencia.



CUATRO CIÉNEGAS, COAHUILA: EL MISTERIO DEL LUGAR MÁS DIVERSO DEL PLANETA

VALERIA SOUZA SALDÍVAR*, SUSANA DE LA
TORRE-ZAVALA**, NAHUI OLIN MEDINA-
CHÁVEZ**

El valle de Cuatro Ciénegas (CC), en Coahuila, es un oasis biológicamente extraordinario que en la actualidad se encuentra en peligro de desaparecer. En este momento sabemos que CC representa una “máquina del tiempo” hiperdiversa en la que sus comunidades microbianas forman tapetes microbianos, estromatolitos ricos en linajes endémicos que se separaron de sus parientes marinos hace mucho tiempo, pero que siguen siendo funcionalmente similares a las comunidades que habitaron los mares del pasado remoto (Moreno-Letelier *et al*, 2012; Souza

et al, 2006; 2018; 2012). También sabemos, por estudios de reloj molecular, que muchos de estos linajes se han diversificado sólo en Cuatro Ciénegas desde hace cientos de millones de años (Souza *et al*, 2018). Es fascinante que esta afiliación marina y enorme diversidad se detecte también en las comunidades de virus (Desnues *et al*, 2008; Taboada *et al*, 2018), las cuales son una imagen en espejo de la muy amplia diversidad y heterogeneidad entre sitios de presas potenciales.

*Universidad Nacional Autónoma de México.

**Universidad Autónoma de Nuevo León.

Contacto: souza@unam.mx

En parte, para entender al mundo perdido tenemos que entender el origen del agua en este oasis. El agua en CC no solamente viene de la recarga por lluvias en las sierras que rodean al valle, una parte importante viene de un manto freático profundo, donde una bolsa magmática ocasiona que el agua de sus manantiales sea rica en azufre y pobre en oxígeno (Wolaver *et al.*, 2012).



Figura 1. Vista aérea de las Pozas de Cuatro Ciénegas (imagen: Miguel Ángel de la Cueva).

Por otra parte, creemos que este manto freático profundo, además de formar el humedal, lo enriquece biológicamente, ya que contiene la microbiota profunda, misma que funciona no sólo como comunidad fundadora al abrirse una poza, también como *seed bank*, un banco de especies y funciones que hacen de éste un sistema resiliente y dinámico. La mayor parte de esta microbiota de las profundidades está conformada por lo que se conoce como “biósfera rara” (microorganismos poco abundantes). En el caso de CC la biósfera rara es muy diversa y forma la mayor parte de todos los metagenomas de CC que hemos analizado (Peimbert *et al.*, 2012; Bonilla-Rosso *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2017; De Anda *et al.*, 2017; 2018), no sólo haciendo a cada sitio único, sino que es parte central de las interacciones poblacionales y de los ciclos biogeoquímicos de CC.

Es muy posible que la enorme biodiversidad del oasis de CC se deba, de manera aparentemente paradójica, a la falta de nutrientes, ya que el sistema ultraligotrófico que caracteriza a este oasis, lo aísla efectivamente de los organismos adaptados a ambientes ricos en fósforo (P), como la mayoría de los organismos actuales (Elser *et al.*, 2005; Tapia-Torres *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2018). Al mismo tiempo que la oligotrofia aísla a CC de organismos migrantes potenciales de otras comunidades fuera del valle, también la aíslan de las comunidades vecinas, existiendo un fuerte antagonismo, mediado por antibióticos, contra todos los organismos que no son locales (Pérez-Gutiérrez *et al.*, 2012; Aguirre-Von Wobeser, 2013; 2015; Ponce-Soto *et al.*, 2015; Arocha *et al.*, 2017). Así, las comunidades locales de CC parecen haber coevolucionado identificando a los que cooperan y evitando “a los tramposos”, que pudieran usar los bienes comunes sin aportar su parte.

Apoyando esta idea de comunidad cohesiva, hemos encontrado que las comunidades bacterianas locales de CC tienen fuertes dependencias nutricionales, por lo que no pueden crecer solas (Alcaraz *et al.*, 2008; Rodríguez-Torrez *et al.*, 2017), sugiriendo un proceso coevolutivo recientemente bautizado como “Reina Negra” (Morris *et al.*, 2012), donde en condiciones limitantes, cada especie se especializa en hacer algo, reducen su genoma y funciones potenciales, lo que les permite crecer mejor dentro de la comunidad, pero a costa de no poder invadir otros ambientes. Esta adaptación local extrema se traduce en una fuerte diferenciación geográfica, e incrementa la llamada diversidad beta (Bonilla-Rosso *et al.*, 2012; Espinosa-Asuar *et al.*, 2015).

Sin embargo, al irse reduciendo los niveles de agua en el humedal de CC, en particular en el sistema del Churince, donde el agua superficial ya se perdió (Souza *et al.*, 2018), no sólo encontramos que el ciclo del azufre se perturba al bajar el nivel del agua (De Anda *et al.*, 2018) también cambian las relaciones entre los miembros microbianos de las comunidades. Así, existen más antagonismos en las comunidades con menos humedad que en las más húmedas (De Anda *et al.*, 2018).



Figura 2. Pozas Azules con estromatolitos vivos en el Rancho de Pronatura, en Cuatro Ciénegas, Coahuila (imagen: Miguel Ángel de la Cueva).

En marzo de 2016 descubrimos en CC, en el rancho de Pronatura Pozas Azules, unos tapetes microbianos que forman estructuras que recuerdan domos y que son elásticas, claramente visibles sólo cuando llueve y hay agua superficial en la muy somera poza donde se encuentran. Estos “domos” son una especie de burbuja formada por un complejo tapete microbiano, donde en su capa más externa se encuentran arqueas halófilas y bacterias fotosintéticas, tanto oxigénicas como dependientes del azufre, y en su interior dominan arqueas metanógenas y bacterias del azufre, aparentemente recreando las condiciones anóxicas dominadas por metano y volátiles del azufre de la atmósfera en la Era del Arqueano, hace más de 2500 millones de años.



Figura 3. Dra. Valeria Souza en el sitio de estudio “Domas del Arqueano”, situado en el Rancho de Pronatura, en Cuatro Ciénegas, Coahuila (imagen: David Jaramillo).

Si en el Churince, cuando no hay agua parecen dominar las relaciones antagónicas, ¿qué ocurre en un sitio donde las perturbaciones son “normales” y sus tapetes microbianos parecen tener cualidades muy particulares?, ¿por qué en CC sobrevivieron estos linajes tan antiguos?, ¿es realmente CC una singularidad com-

parado con otras comunidades microbianas de nuestro planeta?, ¿cómo funcionan estos tapetes microbianos en los domos de Pozas Azules, su estructura y función responden a la presencia de agua?, ¿qué interacciones poblacionales y procesos químicos dominan en estos domos y como cambian en el tiempo?



Figura 4. El “Churince”, en Cuatro Ciénegas, Coahuila (imagen: Miguel Ángel de la Cueva).

Datos nuevos aún no publicados (Medina-Chávez *et al.*, sometido; Espinosa-Asuar, sometido) de una poza particular que denominamos “Domos del Arqueano” nos indican que esta biósfera rara en época de lluvias, cuando la poza está húmeda, hace de este sitio el más diverso del mundo tanto para Arqueas (datos metagenómicos) como para Bacteria. Utilizando NExtGen con tags de 16S a muy alta cobertura, encontramos que diez muestras de tapete microbiano (una cada 10 cm) en un transecto de 1.5 m, hay más de 700,000 diferentes OTU (Unidad Operativa Taxonómica al 97% de identidad), siendo que cada sitio es único, aún a una escala de cm; por otra parte, cuando la poza está húmeda por medio de metagenómica, se detectó que los virus aumentan de manera notable llegando a confor-

mar 28% de los *reads* (Medina-Chávez *et al.*, sometido). Sin lugar a dudas esto es extraordinario y totalmente inesperado, y estamos tratando de entender el porqué y el cómo pueden coexistir tantas especies, sobre todo poco abundantes, en un sitio fluctuante y poliextremófilo (hipersalino, alcalino y oligotrófico).

Nuestra hipótesis es que existe una retroalimentación ecoevolutiva, donde las interacciones determinan al ambiente y éste, como resultado, cambia constantemente forzando a la comunidad a adaptarse a las nuevas interacciones fomentadas por la dinámica de los virus y de la biosfera rara, misma que produce una gran cantidad de metabolitos y cuya firma química también es única en cada sitio (Buenrostro, 2020).

REFERENCIAS

- Desnues, C., Rodríguez-Brito, B., Rayhawk, S., *et al.* (2008). Biodiversity and biogeography of phages in modern stromatolites and thrombolites. *Nature*. 452:340-343. 10.1038/nature06735
- Moreno-Letelier, A., Olmedo-Álvarez, G., Eguiarte, L.E., *et al.* (2012). Divergence and phylogeny of Firmicutes from the Cuatro Ciénegas Basin, México: a window to an ancient ocean. *Astrobiology*. 12:674-684. 10.1089/ast.2011.0685
- Souza, V., Espinosa-Asuar, L., Escalante, A.E., *et al.* (2006). An endangered oasis of aquatic microbial biodiversity in the Chihuahuan desert. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 103:6565-6570. 10.1073/pnas.0601434103
- Souza, V., Moreno-Letelier, A., Travi-sano, M., *et al.* (2018). The lost world of Cuatro Ciénegas Basin, a relictual bacterial niche in a desert oasis. *Elife*. 7. 10.7554/eLife.38278
- Souza, V., Siefert, J.L., Escalante, A.E. *et al.* (2012). The Cuatro Ciénegas Basin in Coahuila, México: an astrobiological Precambrian Park. *Astrobiology*. 12:641-647. 10.1089/ast.2011.0675
- Taboada, B., Isa, P., Gutiérrez-Escolano, A.L., *et al.* (2018). The Geographic Structure of Viruses in the Cuatro Ciénegas Basin, a Unique Oasis in Northern México, Reveals a Highly Diverse Population on a Small Geographic Scale. *Appl Environ Microbiol*. 84. 10.1128/AEM.00465-18
- Wolaver, B.D., Crossey, L.J., Karlstrom, K.E., *et al.* (2012). Identifying origins of and pathways for spring waters in a semiarid basin using He, Sr, and C isotopes: Cuatrociénegas Basin, México. *Geosphere*. 9:113-125.



EL PAPEL DE LAS REVISTAS EN LA SUSTENTABILIDAD CIENTÍFICA



PEDRO CÉSAR CANTÚ-MARTÍNEZ*



En el ámbito de lo académico y científico el dar a conocer los resultados de las investigaciones se torna sumamente importante. Por esta razón, la actuación que ejercen las revistas científicas como instrumentos para la comunicación del conocimiento es sumamente relevante, deduciendo que, las labores de investigación, como indagación, que se realizan en las instituciones, sobrellevan un persistente avance y retroalimentación a la sociedad para edificar el camino y lograr un desarrollo sustentable (Cantú-Martínez, 2012).

En este sentido, Patalano (2005: 217-218) asevera que “la primera revista científica fue el *Journal des Savants*, que se publicó por primera vez en enero de 1665 en París. [Y en] el mes de marzo del mismo año, aparece la segunda revista científica, *Philosophical Transactions*, publicada en Londres”. Estableciendo con esto un diálogo entre el numeroso grupo de científicos de esa época, donde principalmente los resultados emanaban de los trabajos llevados a cabo tanto en los laboratorios como en el campo, pero además de las vastas reflexiones a partir de la profusa lectura que los académicos llevaban a cabo en las bibliotecas.

Es así que el principal resultado de las revistas científicas fue el hecho de convertirse en medios que tuvieran como principal objetivo informar de manera más expedita el conocimiento entre los investigadores y académicos, con el propósito de contribuir a la estructuración de sus opiniones, así como el empleo de criterios, juicios y argumentos discursivos.

Lo anterior permitió una mayor circulación y disposición al conocimiento, ya no sólo para los grupos de científicos y académicos, sino también para la sociedad en general, trazando así un puente de cultura científica entre aquéllos que la generan y las personas inexpertas en estos ambientes.

En el presente manuscrito se abordará el papel de las revistas científicas en la difusión y divulgación del conocimiento, así como la actuación social que las revistas afrontan en el rubro de la sustentabilidad científica.

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: cantup@hotmail.com

LE
JOURNAL
DES
SCAVANS

Du Lundy V. Janvier M. DC. LXV.

Par le Sieur DE HEDOVILLE.



A PARIS,
Chez JEAN CVSSON, rue S. Jacques, à l'ima-
ge de S. Jean Baptiste.

M. DC. LXV.
AVEC PRIVILEGE DV ROY.

El *Journal des Savants*, primera
revista científica.

DIFUSIÓN

SUSTENTABILIDAD DE LA DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

En la actualidad, nadie pone en tela de juicio que tanto el conocimiento científico como el de índole tecnológica inciden extraordinariamente en el progreso de toda sociedad en el mundo. Ya que este conocimiento está cada vez más adyacente a las labores cotidianas que afrontamos en la vida diaria, por este motivo, el conocimiento científico es catalogado como un bien social que las revistas científicas albergan (Cantú-Martínez, 2012).

Puede agregarse que una revista científica, de acuerdo con Jiménez y Castañeda (2003: 1) es

una publicación periódica que presenta especialmente artículos científicos, escritos por autores diferentes e información de actualidad sobre investigación y desarrollo de cualquier área de la ciencia. Tiene un nombre distintivo, se publica a intervalos regulares, por lo general varias veces al año, y cada entrega está numerada o fechada consecutivamente. Su componente básico, el artículo científico, es un escrito en prosa, de regular extensión, publicado como una contribución al progreso de una ciencia o arte.

Y

DIVUL

En particular, Cantú-Martínez (2015: 7) alude la importancia que conllevan las revistas científicas en la difusión y en la divulgación de la ciencia y la tecnología. En este contexto, comenta que

El vocablo difusión refiere que se establece una comunicación de manera particular con grupos focales o sectores sociales de interés que aprovecharán el conocimiento; mientras que la expresión divulgación tiene como objetivo el hacer accesible el conocimiento a un grupo más extenso de público, además de los conjuntos sociales de interés.

Por consiguiente, las revistas científicas actúan como un elemento “clave en la organización, vertebración e institucionalización social de una disciplina o área de conocimiento” (Delgado, Ruiz-Pérez y Jiménez-Contreras, 2006: 10).

En este sentido, en México, mediante el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), se ha instituido el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica y el Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica, que se constituyen en medios para la sustentabilidad del conocimiento científico. Con lo cual, se da cumplimiento a lo estipulado por la Ley de Ciencia y Tecnología, que refiere de manera importante al hecho de transferir y aplicar el conocimiento tecnocientífico para el desarrollo y sustentabilidad de nuestra sociedad.

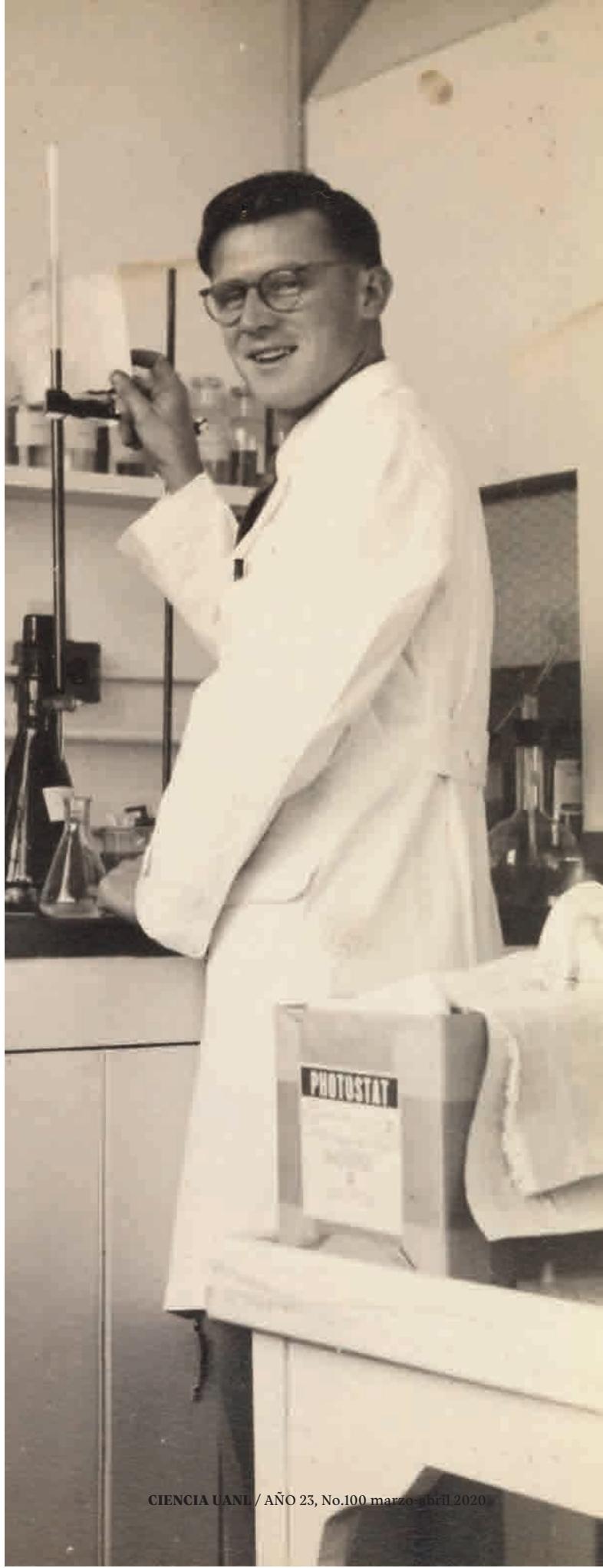
GACCIÓN

El cometido que cumplen las revistas científicas en México, pero de manera general en todo el orbe, es consumir su principal tarea: hacer públicos los resultados de toda investigación, al comunicarlos, registrarlos y albergarlos de forma perdurable. Además, se yerguen como espacios donde se puede recobrar información para llevar a cabo nuevas investigaciones e instaurarse como los dispositivos que median entre los autores y los lectores, haciendo de la comunicación científica un baluarte para hacer accesible el conocimiento y la comprensión de éste a toda persona que así lo requiera. Ya que “la ciencia que no llega a un público amplio de manera comprensible no existe, porque finalmente, no es conocida” (Rodríguez-Espinoza, 2016: 80).

Al mismo tiempo, las revistas científicas contribuyen a la iniciativa que impulsa la UNESCO de Memoria del Mundo (Swan, 2013: 9) un programa que tiene como intención la salvaguarda del patrimonio documental mundial. Este programa involucra tres propósitos fundamentales:

1. **Facilitar la preservación del patrimonio documental mundial mediante las técnicas más adecuadas.**
2. **Facilitar el acceso universal al patrimonio documental.**
3. **Crear una mayor conciencia en todo el mundo de la existencia y la importancia del patrimonio documental.**

En este marco, las revistas científicas contribuyen a la sustentabilidad científica propuesta por la UNESCO, haciendo del almacenamiento, visibilidad, accesibilidad y usabilidad de la información científica el principal bastión que las caracteriza (Cantú-Martínez, 2013).



LAS REVISTAS CIENTÍFICAS Y SU COMPROMISO SOCIAL

Las revistas científicas, en el marco de su compromiso social, hoy en día adquieren una sustancial importancia, esencialmente por el cúmulo de información que subsiste en los medios de comunicación masivos como la prensa, la radio, la televisión y ahora el Internet, que informan en muchas ocasiones de un conocimiento pseudocientífico cuya cualidad es la de no seguir normas científicas, reglas ni experimentaciones con esta catalogación, creando en las personas imaginarios científicos muy apartados de la realidad científica.

De esta manera, se admite que las revistas científicas llenan un espacio social al relatar y detallar a la sociedad de los descubrimientos y adelantos tecnocientíficos, con lo cual se promueve una alfabetización científica cívica. Esta alfabetización científica cívica, refiere al empoderamiento de los resultados de una investigación por parte de la sociedad. Recordemos que en la vida diaria de toda persona permean los progresos tecnocientíficos y la comprensión de estos avances se torna relevante particularmente, como indican Nieto y Aceituno (2019: 5),

para la satisfacción personal y bienestar de los individuos, para la participación de los ciudadanos en una sociedad democrática, para los trabajadores cuyas habilidades y ocupaciones tienen algún involucramiento científico o técnico, para las personas empleadas cuyas decisiones tienen efecto en el medio ambiente.

A lo anterior, habría que agregar lo que Montañés (2011: 101) indica como alfabetización científica cívica, la cual proporciona un

nivel de conocimiento de principios básicos de la ciencia y tecnología suficiente como para leer información sobre el tema [...] y para entender los argumentos que intervienen [...] [y permitir] a un individuo desenvolverse como ciudadano en una sociedad moderna.





CiENCIA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Por ejemplo, en este contexto de alfabetización científica cívica, en México se destaca el trabajo de la revista *Ciencia*, editada por la Academia Mexicana de Ciencias, que inició sus labores de difusión y divulgación en 1940 (AMC, 2019). Aunado a este esfuerzo también es encomiable la labor de la *Revista Ciencia y Desarrollo*, que es editada por el Conacyt, a través de la Dirección de Divulgación y Difusión de Ciencia y Tecnología que emprende sus labores editoriales en 1971 (Sánchez, 2015).

En el caso de la Universidad Autónoma de Nuevo León, esta responsabilidad institucional con la sociedad –de alfabetización científica cívica– se ha estado llevando a cabo desde enero de 1998, con la constitución del órgano oficial de difusión y divulgación del conocimiento científico denominado *Ciencia UANL*. Que entre sus propósitos principales se encuentra

el empoderar a la sociedad y popularizar el conocimiento científico entre sus miembros.

Ciencia UANL, a través de sus contenidos –impresos y electrónicos– ha logrado allegar el conocimiento tecnocientífico, humanista, en ciencias naturales, exactas y sociales a sus lectores –especializados o no– tanto en el ámbito nacional como internacional, y al mismo tiempo ha documentado y mostrado la senda de desarrollo que de forma progresiva se ha dado en los últimos 22 años en el mundo.

Definitivamente, con las alusiones antes comentadas, se puede aseverar que las revistas científicas se instituyen en portales para facilitar la asimilación del quehacer científico y de la concretización social de un mundo que está constantemente cambiando conforme avanzan los progresos científicos y tecnológicos.

La cocina de Sor Juana

Familiares de internos penitenciarios

Laberintos arquitectónicos

La crisis del agua



Año 21,
Número 88
marzo
abril
2018

 Revista Ciencia UANL



 RevistaCiencia.UANL
 @Ciencia_UANL
 Revista CIENCIA UANL

CONSIDERACIONES FINALES

Como se ha observado a lo largo del discurso expresado, el escenario de la difusión y divulgación científica en el mundo es cada vez más importante, en particular por los múltiples destinatarios que hacen uso de los resultados concretos del trabajo llevado a cabo por la comunidad científica. Por consiguiente, las revistas científicas contribuyen a la sustentabilidad científica del conocimiento, pero además se erigen en una función sumamente relevante como la integración social, fundamentalmente para que subsista un mayor entendimiento y vinculación entre los científicos y el público en general.

Esta comprensión ha de venir del discernimiento y familiarización de los miembros de una sociedad con el quehacer científico y de cómo funciona éste, donde las revistas científicas permiten a los colectivos sociales la actualización de su conocimiento, así como la obtención de nuevos y la evaluación permanente del ya existente.

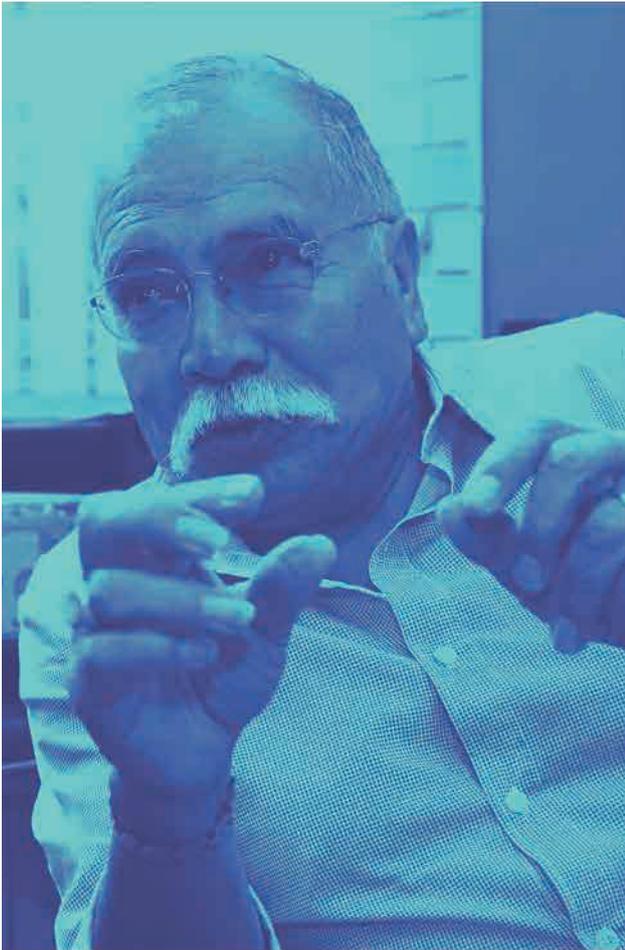
En otras palabras, hablamos de un conocimiento científico dispuesto en las revistas para el servicio de la sociedad y cuidado del entorno. De suceder esto, como exterioriza Cantú-Martínez (2012: 31), se puede aspirar

a un apropiamiento de una cultura científica ciudadana, donde los destinatarios últimos, las personas, no sólo obtendrían información, sino además una preparación para obtener habilidades y aptitudes que les permitirían situar y reconocer el conocimiento científico en sus vidas.

Por lo tanto, podemos concluir que la difusión y divulgación de la ciencia y la tecnología mediante las revistas se erige como una actividad educativa sumamente relevante, porque mediante estos medios –impresos y electrónicos– se informa y participa a la sociedad del conocimiento científico, con lo cual se contribuye a una educación no formal e informal, con el fin de favorecer al desarrollo de las capacidades intelectuales de todos los miembros de un colectivo social.

REFERENCIAS

- AMC. (2019). *Celebra Academia Mexicana de Ciencias 75 años de la Revista Ciencia*. Disponible en: https://amc.edu.mx/amc/index.php?option=com_content&view=article&id=485&Itemid=80
- Cantú-Martínez, P.C. (2012). Discurrir y apropiamiento de la ciencia por la sociedad. En P.C. Cantú-Martínez (ed). *Sustentabilidad científica. Introversión sobre la ciencia, conciencia y racionalidad social*. México (pp. 25-32). Clave Editorial-Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Cantú-Martínez, P.C. (2013). La preeminencia social del acceso abierto en la comunicación en salud. *Revista CONAMED*. 18(2): 82-87.
- Cantú-Martínez, P.C. (2015). La pertinencia de la difusión y divulgación tecnocientífica en México. *Ciencia UANL*. 18(75): 7.
- Delgado, E., Ruiz-Pérez, R., y Jiménez-Contreras, E. (2016). *La edición de revistas científicas. Directrices, criterios y modelos de evaluación*. Granada. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- Jiménez, J., y Castañeda, M.A. (2003). Algunas consideraciones sobre la evaluación de la calidad de las revistas. *Revista de Enfermería del IMSS*. 11(1): 1-3.
- Montañés, O. (2011). Percepción social de la ciencia y tecnología. En: C. Moreno (Ed.) *Periodismo y divulgación científica. Tendencias en el ámbito iberoamericano* (pp. 98-129). Madrid. Siglo Veintiuno.
- Nieto, C., y Aceituno, L.A. (2019). Cómo comunicar la investigación desde la academia. *Revista Ciencia y Tecnología*. 24 (junio): 3-9.
- Patalano, M. (2005). Las publicaciones del campo científico: las revistas académicas de América Latina. *Anales de Documentación*. 8: 217-235.
- Rodríguez-Espinoza, A. (2016). La comunicación científica: el papel de las revistas académicas más allá de la difusión. En UNED (Ed.) *Simposio de Comunicación Científica como Profesión, Formación, Responsabilidades y Roles* (pp. 78-83). San José. Universidad Estatal a Distancia.
- Sánchez, V. (2015). *Ciencia y desarrollo: 40 años de divulgación científica*. CienciaMx-Noticias/Agencia Informativa Conacyt. Disponible en: <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/humanidades/1120-ciencia-y-desarrollo-40-anos-de-divulgacion-cientifica>
- Swan, A. (2013). *Directrices para políticas de desarrollo y promoción del acceso abierto*. París. UNESCO.



**ENTREVISTA CON EL DOCTOR RUBÉN
GERARDO BARRERA Y PÉREZ**

MARÍA JOSEFA SANTOS CORRAL*

La *suerte* de poder colaborar para hacer Física teórica y aplicada

El doctor Barrera nació en la Ciudad de México, tiene un doctorado en Física por la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, Estados Unidos, y un posdoctorado en las Universidades de Frankfurt y RWTH Aachen en Alemania. Desde 1973 es investigador del Instituto de Física (IF) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde trabaja en el área de teoría de la materia condensada, específicamente en el campo de propiedades ópticas de materiales complejos. Si bien su formación es de físico teórico, siempre ha trabajado muy de cerca con grupos experimentales dentro y fuera del país, mostrando un gran interés en la física aplicada, así como en la enseñanza e historia de la electrodinámica. Lo anterior lo ha llevado a colaborar, por largos periodos, con grupos experimentales en el Laboratorio de Propiedades Ópticas de Sólidos de la Universidad de París VI y en el Laboratorio de Propiedades Ópticas del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) de la UNAM; ha brindado también, asesoría científica a empresas como Conдумex, Resistol y Comex.

Es, además, un apasionado docente que imparte cursos de electrodinámica a todos los niveles. El doctor Barrera ha recibido numerosas distinciones entre las que destacan: el Premio Universidad Nacional en 2003, el nombramiento de Investigador Emérito de la Universidad Nacional Autónoma de México, en 2008, y del Sistema Nacional de Investigadores, en 2010, y el Premio Nacional de Ciencias y Artes en 2012. Fue nombrado también *Fellow* de la Sociedad Americana de Física de los Estados Unidos y del *Institute of Physics* del Reino Unido; asimismo, es miembro del Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la república.

* Universidad Nacional Autónoma de México.
Contacto: mjsantos@sociales.unam.mx



¿Cuándo descubre que quiere ser investigador y cómo inicia su carrera en esta área?

Todo se inició en la Facultad de Ciencias cuando me decidí a estudiar Física. Mi primera opción, impulsado por un buen maestro de cálculo en la preparatoria, era la ingeniería, pero, estando en la fila para inscribirme, me llegó un cuadernillo sobre las 53 carreras con las que contaba la UNAM y entre ellas se encontraba Física. Las materias que se ofrecían en esa carrera eran Física nuclear y Mecánica cuántica, entre otras, y me parecieron muy interesantes, tanto que decidí ingresar a Física; porque esas materias me parecían mucho más atractivas que las de ingeniería.

Después del primer año ya estaba convencido de que eso había sido lo mejor. Uno de los profesores que más recuerdo, el maestro Alberto Barajas, con quien cursé Geometría moderna, nos decía que estudiar Geometría era como jugar al golf, una actividad destinada a muy poca gente, lo que nos hacía sentir muy especiales. Una vez que terminé la licenciatura, lo que seguía era hacer un doctorado. Yo quería ir a los Estados Unidos, porque mi tesis de licenciatura estuvo basada en un libro del profesor David Pines, de la Universidad de Illinois, y quería trabajar con él, para lo cual pude conseguir una beca de la embajada americana y una carta de recomendación del maestro Marcos Moshinsky. Llegando a la Universidad de Illinois le presenté esa carta al profesor Pines, quien me dijo que antes de poder trabajar con él, tenía que tomar una serie de materias y presentar varios exámenes, lo cual me tomó un par de años; pero lo más importante fue que se me abrieron las puertas y la pasión por la investigación.



¿Cómo llega al área de propiedades ópticas de materiales complejos?

Realicé mi doctorado con el profesor Gordon Baym, proponiendo una teoría sobre la movilidad en iones en helio súperfluido; en Illinois eran expertos en esta área, yo fui uno de los últimos alumnos del grupo en ese tema; después, los profesores del grupo teórico cambiaron su tema de investigación a problemas de astrofísica. En aquel entonces, una de las áreas emergentes era la Física de superficies; aquí tuve la suerte de tomar un curso con el profe-

LO MÁS IMPORTANTE FUE QUE SE ME ABRIERON LAS PUERTAS Y LA PASIÓN POR LA INVESTIGACIÓN.

SIEMPRE ME GUSTÓ ESTAR EN CONTACTO CERCANO CON LOS EX- PERIMENTOS.

sor Charlie Duke, quien me animó a realizar una estancia posdoctoral en ese tema en Alemania.

Posteriormente, junto con uno de mis compañeros, de origen hindú, a quien conocí en Illinois, llamado Amit Bagchi, empezamos a trabajar en el tema de propiedades ópticas, estuvimos colaborando por varios años y me gustó mucho el área del electromagnetismo, y sobre todo la interacción luz-materia. Así, poco a poco me fui adentrando en el tema de propiedades ópticas, pero mi amigo se fue a trabajar en la industria y comencé entonces a formar en el IF un grupo en el tema. Ahí tuve la suerte –como en toda mi vida, la suerte me ha acompañado– de contar con un alumno muy brillante, el ahora doctor Luis Mochán, quien llegó a ser director del Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM, ubicado en Cuernavaca, y con él comencé a trabajar en el área de propiedades ópticas; ambos teníamos habilidades que se complementaban, así que cuando él se cambió a Cuernavaca, fue un poco complicado para mí, porque carecía de la habilidad de programar; sin embargo, me dí a la tarea de aprender a utilizar novedosos paquetes de programación muy flexibles, y me dí cuenta que eso también me gustaba. A lo largo de mi vida he tenido otros alumnos también muy brillantes, entre ellos Carlos Mendoza, ahora investigador en el Instituto de Materiales; Cecilia Noguez, actualmente directora del Instituto de Física, y Alejandro Reyes, profesor en la Facultad de Ciencias. Cabe añadir que, aunque me he dedicado a la teoría, siempre me gustó estar en contacto cercano con los experimentos.

Otro acercamiento al área experimental fue mi colaboración, durante aproximadamente diez años, con un grupo de investigadores de la Universidad de París VI, encabezado por el doctor Yves Borensztein. Allí trabajé haciendo teoría e interpretando los resultados de los experimentos, y siempre tuve la ilusión de poder hacer lo mismo en México, para ello comencé a trabajar con el joven investigador Augusto García, en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), a quien por coincidencia conocí desde pequeño, ya que su padre y yo fuimos compañeros de estudio en la Facultad de Ciencias; lo contacté y llevamos más o menos diez años colaborando, haciendo teoría y experimentando. De igual manera, y como ya lo mencioné, he colaborado con Alejandro Reyes, actual profesor en la Facultad de Ciencias, quien está armando un grupo teórico-experimental en esa facultad.

Siempre he pensado que la colaboración científica no es fácil, creo que es una relación aún más compleja que el matrimonio mismo, con celos, enojos, reconciliaciones, cortejos y separaciones, toda una cuestión. Así que es una suerte encontrar buenos colaboradores.



¿Cómo se vinculan la Física teórica y la experimental, y cuáles son sus posibles aplicaciones?

Siempre me gustó la Física experimental, pero no fui muy bueno en el laboratorio, a pesar de que entendía todo, lo que me facilitó el poder involucrarme en trabajos de Física aplicada. Mis experiencias en el campo de la aplicación comenzaron con mi incursión en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), cuando regresé del doctorado. Ahí trabajé con el maestro Leopoldo García Colín, quien fungía como jefe del área de investigación básica de procesos; realicé algunos proyectos, aunque entonces no tenía una idea clara de lo que era la Física aplicada.

Después tuve otra experiencia en Condumex, donde me recomendó el doctor Guillermo Aguilar, quien fue director del Instituto de Materiales, muy amigo mío y ex-compañero de la carrera. En esta empresa estuve medio sabático en la planta de Alta Potencia de Vallejo, que se dedica a la producción de cables. Ahí me pidieron estudiar los problemas de arborescencia en los cables, esto es, antes de que el aislante se fracture por lo alto de la diferencia de potencial, empiezan a generarse pequeñas descargas dentro del aislante del cable, las cuales se asemejan a pequeños arbolitos. Ese trabajo serviría para diseñar mejores aislantes; pero mientras comenzaba a enterarme de las dificultades del problema, me contactaron dos jóvenes que trabajaban en la empresa y que habían estudiado ingeniería física, uno en la UAM-Azcapotzalco y el otro en la Iberoamericana, con los que aún mantengo una buena relación.

Para tener una idea en qué podría yo contribuir a solucionar algunos de los problemas de la empresa, los jóvenes ingenieros me preguntaron qué materia impartía en la universidad, y a partir de mi respuesta, pensaron que podría ayudarles a resolver el problema que tenían con un cable submarino, colocado cerca de Cancún, y que



EN ESE TIEM-

PO YO SABÍA

POCO DE LAS

PROPIEDADES

DE ÓPTICAS

DE SISTEMAS

COMPLEJOS,

PERO AHÍ CO-

MENZÓ A IN-

TERESARME

EL TEMA.

alimentaba a la zona hotelera atravesando la laguna de Nichupté. Todos los cables de alta potencia tienen un aislante y una cobertura de metal que los cubre, para protegerlos de golpes y daños del ambiente. Con el paso de los años esta cobertura se estaba corroyendo, así que había que tomar una decisión sobre quitarla o no, era un problema muy concreto. Para resolverlo tuve que investigar sobre circuitos de corriente trifásica inmersos en un medio conductor –el mar–, y empecé a meterme en los viejos artículos del Instituto Franklin para lograr entenderlo; lo que me llevó un poco de tiempo, hice varias presentaciones a los gerentes sobre mis avances. Lo paradójico fue que, cuando concluí que sí se podía quitar la cobertura de metal... ya lo habían hecho, seguramente, quiero pensar, se sintieron aliviados con mi respuesta.

Otra de mis experiencias de vinculación fue con un compañero de generación, el doctor Roberto Alexander Katz, profesor en la UAM-Iztapalapa, quien trabajaba en Óptica y Física de polímeros. Me pidió apoyo en un proyecto para la empresa Resistol, sobre propiedades ópticas de plásticos, en el que había que estudiar la relación entre el proceso de producción del plástico y el brillo, el cual depende fuertemente de lo liso de su superficie. Así que realizamos un estudio sobre la dependencia del brillo con la rugosidad: un problema de dispersión de luz. Sacamos un par de artículos y un reporte técnico, en los que concluimos que la dependencia del brillo con la rugosidad no era tanto la altura media de la rugosidad, sino más bien sus correlaciones espaciales; fue una colaboración muy interesante.



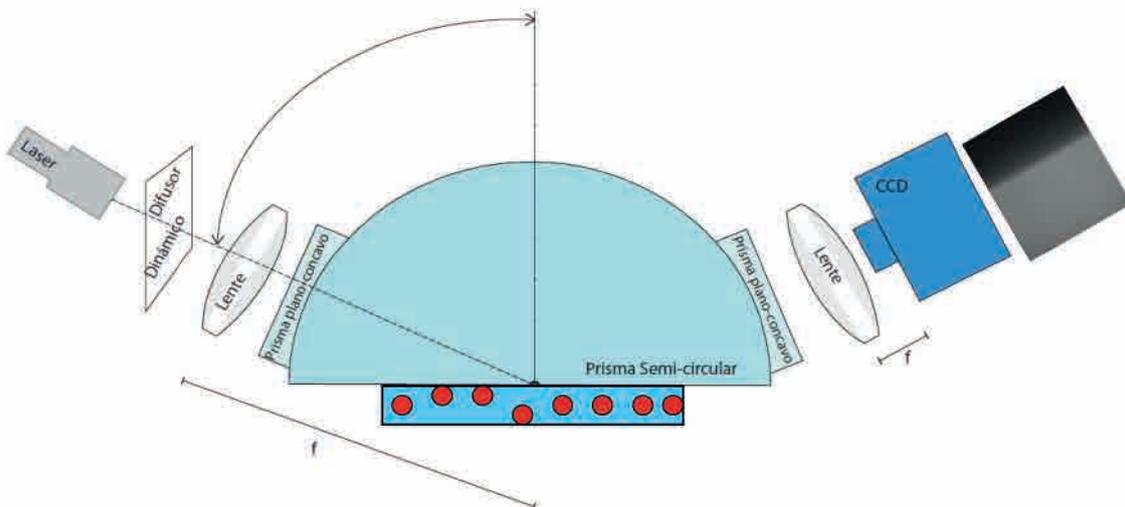
¿Cuál es su experiencia en trabajos de Física aplicada y qué aportan a sus investigaciones?

Después del estudio de los plásticos comencé a trabajar como asesor en Comex, donde me recomendó un chico que había tomado un curso conmigo. Resultó que el director del Centro de Investigación en Polímeros (CIP) de Comex era Eduardo Nahmad (sobrino del dueño de Comex), quien actualmente es investigador del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM. En Comex trabajé como asesor más o menos diez años. Ahí hubo oportunidad de

formar un laboratorio. En ese tiempo yo sabía poco de las propiedades ópticas de sistemas complejos, pero ahí comenzó a interesarme el tema. Cuando acepté ser asesor pedí que se contratará a alguien de tiempo completo, que estuviera al pendiente del trabajo cotidiano, con el que después yo podría discutir. Así llevé a un estudiante de doctorado muy brillante, Fernando Curiel, y le dije, además, que podría hacer su tesis conmigo, en esta área; actualmente, Curiel es jefe de un gran taller de aviones en Querétaro.

Trabajé muy bien en el CIP, aunque creo que pudimos haber hecho mucho más. Me imagino –de esto no estoy seguro, y nunca lo estaré– que algo que lo impidió fueron problemas de conducción entre las distintas áreas de la empresa, específicamente entre el centro de investigación y la sección de servicios técnicos; eso hizo que estuviéramos, en cierto sentido, desvinculados de los temas y problemas que realmente le interesaban a Comex. Lo que hicimos fueron proyectos muy bien estructurados, pero que yo sentía, no tenían un traslape o un interés fuerte para la compañía. Algo que aprendí fue la manera en que se trabaja en esta empresa en particular, y en el sector privado en general, donde la jerarquía es absoluta, con las ventajas y desventajas que esto conlleva.

Aunque dejamos la empresa (Nahmad, Curiel y yo), el laboratorio sigue trabajando todavía, a pesar de que vendieron Comex. Otra de mis experiencias fue con Monsanto, empresa que le vendía el dióxido de titanio a





Comex. Éste es un material transparente que refracta la luz, no la absorbe; es, además, el componente más caro de la pintura blanca y de cualquier otro color. Fuimos al Centro de Investigación de Monsanto, a dar una plática, ellos eran químicos y nosotros físicos, y como tales manejábamos mejor que ellos los temas relacionados con las propiedades ópticas de las pinturas. Queríamos tener una mayor relación de colaboración, pues podríamos haber hecho cosas interesantes, pero quizá por políticas propias de la empresa la relación no prosperó.

En cuanto a las contribuciones de estos trabajos a mi investigación, puedo decir que estudiar las propiedades ópticas de las pinturas fue un gran aporte a mis temas de investigación. Con Augusto García sigo trabajando en ese tema, y he dirigido tres tesis, dos de doctorado y una de maestría. Como creo que la misión de la universidad es formar estudiantes, y que el propósito de hacer investigación es para formarlos mejor, el dirigir esas tesis fue parte esencial de mi trabajo. Así, la temática de las pinturas nos ayudó a formular nuevos problemas de investigación, que a su vez ayudaron a formar estudiantes en el área de propiedades ópticas de sistemas coloidales y materiales complejos.



A partir de lo anterior, ¿cuál piensa que es el reto más grande de la vinculación?

El reto más grande de la vinculación es superar la falta de información que tiene el sector privado del sector académico y viceversa. Esto se ha tratado de resolver contratando personas que funcionen como puentes entre un sector y otro. Sin embargo, si uno le pide a un industrial que contraté a un doctor en Física, no lo considera necesario porque muchas veces no tiene un laboratorio o un centro de investigación, sin pensar en que alguien que conozca muy a fondo la física o la química de sus procesos, le puede ayudar a ahorrar dinero. Ello sucede porque, aunque las empresas contratan ingenieros que suelen tener mucha experiencia en procesos, en ocasiones éstos no tienen un conocimiento profundo de lo que está detrás.

Recuerdo que en Condumex, cuando un cable se reventaba, lo único que hacían era correrlo otra vez con

más cuidado, sin analizar por qué se había reventado. Si tuvieran personal formado en el tema, podría ayudarles a resolver el problema. En este sentido, personal con un grado académico, aunque no estuviera contratado de tiempo completo, podría ayudar a ahorrar dinero. Ha habido intentos de impulsar este tipo de vinculaciones. Yo impulsé mucho la idea de apoyar estancias en la industria de estudiantes de doctorando o recién doctorados a través de Conacyt. La idea consistía en que el Consejo pagara la mitad de un salario bastante atractivo del estudiante contratado, mientras que la empresa pondría la otra mitad, para probar así la funcionalidad de este esquema y que no le saliera tan caro a la empresa.

Al parecer Conacyt tuvo un programa con un esquema parecido; sin embargo, cuando pregunté qué había pasado con el programa, me comentaron que no había habido muchas solicitudes y por lo tanto no avanzó. Sigo pensando que ese tipo de programas puede ser una gran oportunidad para demostrar a los empresarios y a los académicos que gente con conocimientos profundos de la ciencia que está detrás de los procesos industriales, sí puede ahorrarles dinero. Lograr esto es un gran reto.



¿Cómo hacer para tejer una red de vinculación?

La red que yo tuve fue realmente por recomendaciones. Por ejemplo, llegué a Comex por un alumno que tomó un curso que yo impartí. Llegue a Condumex porque un compañero de la facultad, que era director del Instituto de Materiales, me recomendó. Cuando estuve en Resistol, fue por recomendación de otro compañero de la facultad que era asesor. No estoy muy seguro, pero lo que he creído todo este tiempo, es que sería conveniente que los investigadores jóvenes trabajaran en las empresas como asesores o de tiempo completo y, si son buenos y útiles, podrán hacer carrera en la empresa, pero conociendo también lo que se puede hacer en la academia, con ello la liga empresa-academia se va a fortalecer mucho. Ése puede ser un camino en la red para que la comunicación de los dos sectores sea mucho más clara y más definida, para que cuando se presenten problemas en la empresa, sepan a quién acudir.



¿Cómo se nutre la investigación de la docencia y ésta de aquélla? ¿Cuál es el reto más grande que enfrenta un buen docente?

CONSIDERO QUE CUANDO SE QUIERE APRENDER ALGO, UNA BUENA FOR- MA ES DAR UN CURSO.

Para hacer investigación es muy conveniente impartir cursos, y esto lo podemos ver a distintos niveles. Por ejemplo, los grandes físicos, cuando han querido ingresar a un tema nuevo, preparan un curso, dicen: yo de esto no sabía; entonces, para aprender, preparé un curso, después publiqué unas notas y, por último, un libro. Por lo tanto, considero que cuando se quiere aprender algo, una buena forma es dar un curso.

Otra cosa que siempre les comento a mis alumnos cada semestre, es que el que más aprendió durante el curso fui yo, en el sentido de que el proceso de preparación hace que uno estudie y dedique tiempo a algún tema que, sin la oportunidad de impartir el curso, jamás se estudiaría; primero tenemos nosotros que entenderlo, para después poder explicarlo a nuestros alumnos. Así, si pensamos que parte de nuestra formación como investigadores es que entiendas bien el área en la que trabajas, una forma obligada o forzada es impartir un curso, y no siempre igual, sino buscar nuevas formas de abordar la materia y, de ser posible, hasta escribir un artículo sobre una nueva forma de presentar el material.

El asunto que dejé pendiente en este tema y que ahora puedo ver después de toda mi experiencia como profesor, es que no dediqué mucho esfuerzo a los estudiantes que no eran muy buenos. Otra cuestión que me ayudó en mi actividad docente fue que tenía mucha interacción con los alumnos. Cuando yo era más joven, hacía fiestas con los alumnos, ahora que han pasado los años, nada más organizamos comidas, pero siempre traté de tener una relación fuera del salón de clases, considero que eso sirvió mucho. Varios de mis alumnos que actualmente están dando clases están tratando de seguir esa práctica.

Otra cosa que siempre me ha interesado es la Historia de la ciencia, actualmente estoy escribiendo un libro, para el Fondo de Cultura Económica, sobre el tema de la luz y la materia, algo que me gusta mucho. A veces estoy hasta las dos de la mañana en ese trabajo tratando de llenar los agujeros que encuentro en la información.

AÚN CON

LOS PRE-

MIOS QUE

HE GANADO,

SIGO PEN-

SANDO QUE

NO SIEMPRE

SE LOS DAN

A LOS QUE

MÁS LOS

MERECEN.



¿Qué significan los premios para la carrera de un investigador?

Yo escribí un artículo, hace muchos años, en una de las primeras revistas de divulgación en Física sobre el significado de los premios, cuando todavía no me había ganado ninguno, pero sigo pensando más o menos lo mismo. Los premios son un instrumento de los grupos académicos en el poder para reforzar su predominio y que, como puse en aquel artículo, están pensados para decir que no sólo son los más fuertes, sino también... los mejores. Cuando me he ganado un premio he pensado: "me les colé". Aún con los premios que he ganado, sigo pensando que no siempre se los dan a los que más los merecen, sino a aquéllos que están mejor colocados. Los premios son un instrumento que, si uno se lo gana, sirve. En todas las comunidades hay grupos que dictan el camino y los premios refuerzan esa cuestión.



¿Qué le ha dado la UNAM y qué le ha dado usted a la UNAM?

Toda mi vida he estado aquí, en la UNAM, desde 1960, cuando ingresé a la Facultad de Ciencias, sólo me fui para el doctorado y el posdoctorado. He vivido aquí y ésta es mi casa. La UNAM me ha dado la oportunidad de ir a congresos, de hacer las investigaciones que yo he querido y de trabajar en un ambiente sumamente agradable. En pago a la UNAM, podría decir que he formado estudiantes, pues es muy distinto ser investigador en una universidad que en una empresa. Aquí nuestra obligación principal es formar a los estudiantes, lo mejor posible. Cuando yo escucho de investigadores que no dan clases, y no tienen estudiantes debido a su personalidad, siempre opino que deberían irse a otro lugar, porque no cumplen con la misión primordial que aquí tenemos.

Considero que he sido maestro y he formado a muchos estudiantes, he participado en la vida institucional. La UNAM me ha dado todo y le he regresado todo lo que he podido.

De aplicaciones y cardiopatías



Es bien sabido que uno de los propósitos en año nuevo de mucha gente es bajar de peso, y para eso se inscriben en los gimnasios o bien se trazan la meta de salir a correr por lo menos una hora en la placita más cercana. Pero seamos realistas, después del dolor intenso del primer entreno no nos quedan ganas de volverlo a hacer. Y es que cualquier ejercicio conlleva un gran esfuerzo, como levantarte por la mañana y calzarte tus tenis para salir a correr a toda velocidad durante... ¿diez metros?, antes de sentir que los pulmones se nos salen por la boca. Pues bien, déjame decirte que un equipo de investigadores de EE. UU. y Corea del Sur han desarrollado un ligero exotraje que permite a su portador reducir el costo metabólico que implica caminar y correr.

El exotraje, hecho de componentes textiles que se usan en la cintura y los muslos, y un sistema de accionamiento móvil conectado a la parte inferior de la espalda, pesa unos 5 kg y es capaz de adaptarse a la marcha del usuario para proporcionar la asistencia adecuada, tanto al caminar como al correr. Esto permite reducir el costo

metabólico en un 9.3 y un 4%, respectivamente. Dicho de otra forma, esto equivaldría a que su portador se moviera con 7.4 y 5.7 kilogramos menos (como cuando Gokú se quita su camisa y sus botas de entrenamiento), respectivamente; exacto, nuestras rodillas nos lo agradecerán toda la vida y así será más fácil presumir que hemos recorrido siete kilómetros cada mañana.

Aunque en principio, este traje no ha sido diseñado para quien sólo quiera postear su foto fitness del día, sino más bien “podría ser útil en profesiones que requieran caminar rápido o durante mucho tiempo”, así lo aseguran sus creadores. La tecnología que permite anclar el exotraje al cuerpo y le indica cómo actuar y adaptarse al paso del usuario también podría utilizarse con fines clínicos en pacientes que llevan rehabilitación física. Además, la ventaja de cargar hasta con 7 kg menos de peso podría ser de gran ayuda para profesiones que implican una gran actividad física como trabajadores de equipos de rescate y militares.



Y es que admitámoslo, cuando empezamos a correr, sea por *hobbie*, por salud o por seguridad, no pasa mucho tiempo cuando sentimos que el corazón nos late a mil por hora, y es que el cardio, además de ayudarnos a perder peso y acelerar el metabolismo, es una excelente opción para fortalecer nuestros pulmones y corazón. Pero otra opción para cuidar nuestra salud cardiovascular son los frutos secos.

¿Neta?, ¿me lo juras?, como dice un niño protagonista de muchos memes, pues sí, la Unidad de Nutrición Humana de la URV-IISPV (Catalunya, España) realizó una revisión sistemática y un metaanálisis –un análisis estadístico complejo que intenta resumir los resultados de diferentes estudios y que aporta el mayor grado de evidencia científica– con el fin de actualizar y resumir la evidencia científica disponible sobre la relación entre el consumo de frutos secos y la incidencia o mortalidad por enfermedad cardiovascular y sus diferentes causas.

¿Y qué crees que encontró? Pues que, con respecto a los tipos específicos de frutos secos, el consumo combinado de frutos secos de cáscara (nueces, almendras, avellanas, pistachos) se asoció con un menor riesgo de incidencia y mortalidad por enfermedad cardiovascular y coronaria, y el consumo de cacahuets se asoció con una menor incidencia y mortali-

dad en estas dos enfermedades, además de accidentes cerebrovasculares. Por su parte, el consumo de nueces se asoció con menor incidencia de las enfermedades cardiovascular y coronaria e ictus. También, se encontró una relación entre la frecuencia de consumo de cacahuets y una menor incidencia y mortalidad por accidente cerebrovascular.

Cómo es que estos frutos reducen el riesgo de padecer algún tipo de enfermedad cardiovascular no se conoce exactamente, lo que sí es seguro, es que existe una alta evidencia científica para recomendar a la población general la inclusión de frutos secos en la dieta para favorecer la salud cardiovascular.



Y ya que andamos con eso de los alimentos que nos ayudan a reducir las enfermedades cardiovasculares y las dietas, en éstas siempre se nos pide que incluyamos frutas y verduras, ya que hay frutas que también nos ayudan a proteger nuestro pobre, pobre corazoncito. Y es que siempre hemos oído hablar de que el colesterol es malo para el corazón y para las arterias (sobre todo por el riesgo de padecer aterosclerosis, una enfer-

medad inflamatoria, multifactorial y progresiva producida por el depósito de moléculas lipídicas en las paredes de las arterias), que debemos bajar la ingesta de grasas para que así los triglicéridos nos hagan los mandados, y muchas cosas más. Sin embargo, no habíamos sabido nada de la fruta que te voy a platicar.

Se trata de la mandarina, y no, no hablamos de partirla en gajos, sino de la cáscara y un aceite que se extrae de ella. Desde el Laboratorio de Productos Naturales y Metabolismo Lipídico del Instituto de Investigaciones Bioquímicas de La Plata (INIBIOLP-UNLP-CONICET), en Argentina, han evaluado los efectos del aceite de la cáscara de este cítrico, así como el de su componente mayoritario, el limoneno, para mejorar la salud de las personas propensas a padecer este tipo de enfermedades.

Según María Agustina Castro, una de las investigadoras que conforma el equipo del INIBIOLP, “se ha demostrado el gran potencial que posee el aceite de cáscara de mandarina como hipocolesterolemizante y antioxidante. Por lo tanto, la ingesta de estos compuestos naturales lograría un descenso de los niveles de colesterol y de especies reactivas de oxígeno (estrés oxidativo) disminuyendo el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares”.

Sin duda alguna ésta es una gran noticia, imagínate, es una forma de ponerle freno a una de las principales causas de muerte en todo el mundo: las enfermedades cardiovasculares.

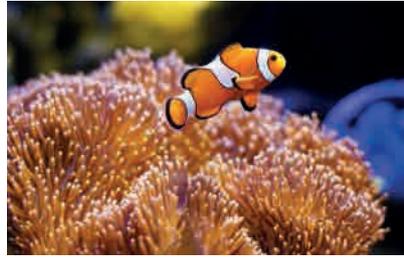


Claro, las dietas por eso son buenas, porque se trata de alimentarnos correctamente, con comida que nos ayude a conservar la salud. Pero si de alimentarse y aportar hablamos, nadie como el loro. Sí, ese animalito que “habla”; pero si los loros son distraídos y desperdician parte de su sustento, dirás, o bueno, eso es lo que piensa mucha gente. Pues nada más alejado de la realidad, ya que un estudio llevado a cabo en el Departamento de Biología Aplicada de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche (España), ha demostrado que este acto aparentemente sin sentido, en realidad es intencionado y busca posiblemente mejorar la calidad y cantidad de los frutos y semillas de los árboles.

A ver, a ver, barájamela más despacio. Pues sí, este estudio, en el que han participado biólogos de España, Bolivia y Brasil, echa por tierra la etiqueta generalizada de que los

loros son poco hábiles en el manejo de la comida y, además, revela el valioso papel que desempeñan en la biodiversidad. Como lo lees, los loros se merecen un aplauso de pie y sin sombrero, pues se ha comprobado que los frutos que arrojan con aparente descuido al suelo, ya sea intactos o a medio abrir, sirven de alimento a otras especies incapaces de subir a las ramas y que, de otro modo, no tendrían acceso a esos nutrientes, por si fuera poco, las semillas lanzadas al suelo acaban dispersándose, lo que ayuda a aumentar la posibilidad de que germinen.

Pero eso no es todo, los investigadores han llegado a la conclusión de que “los loros pueden manejar el concepto de futuro” y llegan a “planear” una mejor alimentación mediante una actividad que los expertos denominan *gardineo*, que consiste en una especie de poda por la que cortan los frutos todavía verdes de los árboles para mejorar la calidad de los que quedan y, al mismo tiempo, propiciar que se alargue el periodo de producción de la planta, a la vez que alimentan a otras especies y diseminan las semillas. Y yo que pensaba que “Cecilia”, una lorita que mi papá tenía, tiraba la comida porque era medio torpe. Un buuu para mí y una ovación para los loros.

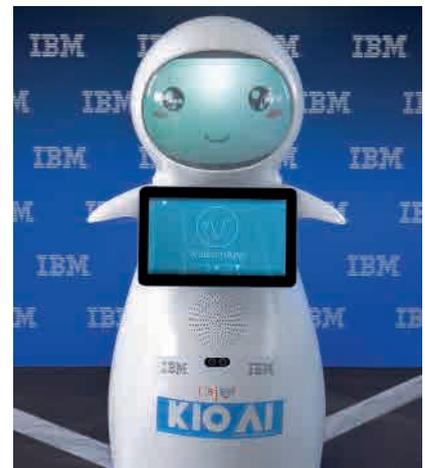


El que sí no tiene muy claro su futuro es ni más ni menos que Nemo, y no es porque se haya ido detrás de aquella lancha que se lo llevó a Sídney, o porque se haya perdido por buscar a Dory. Se debe más bien a que el querido pez de las anémonas popularizado por las películas *Buscando a Nemo* y *Buscando a Dory* no posee la capacidad genética para adaptarse a los rápidos cambios en su entorno, según un estudio realizado por los centros CNRS (National Centre for Scientific Research), en Francia, y WHOI (Woods Hole Oceanographic Institution), en EE. UU.

Los investigadores observaron al pez payaso a lo largo de una década y lo que encontraron no es para nada motivo de alegría. Hallaron que las grandes familias de peces payaso que se extendían a lo largo de muchas generaciones estaban vinculadas a hábitats de alta calidad, en vez de a genes compartidos. La mayor sorpresa para los científicos fue también la más preocupante: los esfuerzos de conservación no pueden depender de la adaptación genética para proteger a los peces payaso de los efectos del

cambio climático. Da la impresión, señala uno de los autores, de que Nemo no va a poder salvarse a sí mismo (suspiro triste).

La calidad de la anémona que constituye el hogar de los peces payaso contribuye notablemente (en promedio 50% a su capacidad de sobrevivir y renovar su población). Si las anémonas de alta calidad permanecen sanas, la población de peces payaso resistirá. Sin embargo, si las anémonas y los arrecifes de coral que son su hogar se ven impactados por el calentamiento climático, los citados peces deberán afrontar grandes problemas. Nemo está por tanto a merced de un hábitat que se está degradando más y más cada año que pasa, por lo que la capacidad de estos peces de permanecer en el mapa y no irse por el “tobogán de porcelana” dependerá de nuestra habilidad de mantener la calidad de su hábitat. ¿Tú qué dices, los ayudamos?



Y mientras pensamos y nos ocupamos en ayudar a Nemo, es necesario acudir a la escuela, aunque, dicho sea de paso, esto se complique debido a ese mal que se ha multiplicado por todos lados, lastimando a los más vulnerables al grado de producirles un gran daño psicológico (en muchas ocasiones también físico), nos referimos al *bullying*. Pero ¿cómo combatir este mal? La respuesta parece estar en una esperanzadora aplicación para el teléfono móvil. Seis colegios españoles de Madrid, Asturias y País Vasco están utilizando WatsomApp, una innovadora aplicación construida con la inteligencia artificial IBM Watson para ayudar a los profesores a mejorar la convivencia en las aulas. Un equipo de psicólogos, pedagogos e informáticos de la empresa española KIOAI, de IBM, ha desarrollado esta pionera aplicación “antiacoso” escolar que ya se está empleando con alumnos de entre 6 y 16 años.

“WatsomApp ha sido un aliado para mantener buenas dinámicas de grupo dentro de la clase. Nuestro objetivo siempre es educar trabajando valores como el respeto o la amistad, y esta herramienta es un gran apoyo para seguir potenciando esta convivencia positiva entre los alumnos”, ha comentado Ruth Sánchez, profesora del colegio Nova Hispalis.

La aplicación se compone de varios elementos: por un lado, un juego

online que mezcla pruebas de habilidad con preguntas que ayudan a los niños a interiorizar valores como la tolerancia y la amistad. Cuenta también con un chatbot que conversa con los niños y que se ha creado con la tecnología Watson Assistant. Además, utilizando la Inteligencia Artificial de IBM, WatsomApp tiene en cuenta tanto el lenguaje como el tono con que hablan los alumnos para identificar sus emociones. Posteriormente, genera un informe confidencial en el que se identifican potenciales problemas. No recoge información confidencial y todos los datos se almacenan en un sistema protegido con encriptación de principio a fin. Los profesores analizan el informe con el resto de especialistas de los colegios y ponen en marcha un plan específico si es necesario. Wow, esperemos que esta aplicación pronto llegue a todas las escuelas y sea un medio por el cual podamos erradicar ese tipo de abusos, por lo pronto ya la podemos encontrar en Latinoamérica, y Perú es la punta de lanza. Vamos, sin duda será una de las cosas por las que nuestro celular valdrá la pena.



Y hablando de celulares y aplicaciones, hace mucho batallábamos para descargar música y poder escucharla en el equipo, pero los móviles más modernos ya no necesitan que saturemos las memorias con nuestras canciones favoritas, basta con descargar una aplicación y listo, tenemos nuestra *playlist* que incluye no sólo música de nuestro país y en nuestro idioma, sino una lista innumerable de artistas y estilos que, la verdad, la verdad, nunca habíamos escuchado, pero que muchas veces nos parece que sí, es decir, de repente escuchamos a un artista de un país que ni siquiera ubicamos en el mapa, y se nos hace que su música es muy conocida, o que ya la habíamos escuchado, ¿o a poco no te ha pasado?

Según un nuevo estudio, esto sucede porque desde las de amor hasta las de cuna, las canciones de culturas que abarcan todo el mundo exhiben patrones universales, a pesar de su diversidad. Basado en un análisis intercultural de más de un siglo de investigación en antropología y etnomusicología sobre más de 300 sociedades, el estudio aporta el primer análisis científico exhaustivo de las similitudes y diferencias de la música en las sociedades de todo el mundo.

Los investigadores analizaron música antigua y moderna de ¡315 culturas diferentes! (esas son muchas horas de música). Compararon cada grabación según la formalidad, el ni-

vel de agitación y la religiosidad. Los resultados subrayan la universalidad de la música. Muestran que ésta se encuentra presente en todas las sociedades medidas, y que está asociada con tipos predecibles de funciones y contextos sociales, como la danza y el amor. Otro dato importante, es que la música tiende a ser más variada en el contexto musical del propio seno de las culturas que entre culturas diferentes. Ahora ya sabemos por qué en ocasiones nos gustan dos artistas de diferentes países, pero no dos de nuestra misma cultura. Como dicen por ahí, en gustos se rompen géneros.



Y si de música hablamos, para nadie es extraño que cuando escuchamos una melodía muy movida, nuestros pies se comiencen a mover al ritmo de la música, o nuestros hombros, o nuestra cabeza, o ya en situaciones extremas, todo nuestro cuerpo (de hecho, a mucha gente le encanta bailar, pero esto para nada quiere decir que sepa hacerlo); no te hagas, seguramente tú lo has hecho alguna vez. Aun cuando tengamos dos pies izquierdos, como se dice coloquialmente, somos capaces de seguir el ritmo.

Al respecto, un estudio reciente publicado en la revista *Brain and Cognition* ha explorado cómo nuestro cerebro se acopla al ritmo musical y hasta qué punto los humanos compartimos esta habilidad con otros animales. Para ello, compararon las respuestas neuronales de músicos profesionales con las de oyentes no entrenados mientras ambos grupos oían un ritmo de vals, pero no sólo escucharon, también observaron gente bailando. ¿Y sabes qué descubrieron? Pues que, independientemente del entrenamiento musical de los participantes, el cerebro de todos los oyentes se sincronizó al ritmo. Claro, para los músicos fue más fácil que para los demás, y se distrajerón menos.

Esta investigación demostró que nuestro cerebro está preparado para seguir el ritmo, independientemente de si lo escuchamos en una canción o lo vemos en una danza, y de si sabemos o no de música; además refuerza la idea de que el procesamiento neuronal del ritmo y el compás es más fácil si estamos en contacto con la música durante largos periodos, pero no como oyente, sino como ejecutantes de las melodías; eso me dice que los largos ensayos de los músicos no son en vano.



Y si hablamos de mover la cabeza, otra cosa que también nos ha pasado a todos, y no una, sino muchas veces, es que se nos haya metido agua en los oídos; en la ducha o en la alberca, no importa dónde, se nos ha metido agua en los oídos. La pregunta aquí es, ¿cómo haces tú para que se salga?, ah verdad, ni siquiera lo habías pensado. Se sabe que el agua que queda atrapada en los conductos de los oídos es molesta, muy molesta, pero no sólo eso, si se queda ahí puede ocasionar infecciones o daños permanentes en nuestra audición.

Sin embargo, eso no puede ser lo peor, resulta que uno de los métodos más utilizados por las personas para librarse del agua en los oídos puede también ocasionar complicaciones. Investigadores de la universidad de Cornell y de la Virginia Tech han mostrado que sacudir la cabeza para liberar el agua atrapada puede ocasionar daños cerebrales en niños pequeños. La investigación se centró en la aceleración que se necesita para que el agua salga del canal auditivo, y la aceleración crítica que se obtuvo experimentalmente en tubos de cristal

y en canales auditivos impresos en 3D resultó estar en el ámbito de ¡diez veces la fuerza de la gravedad!, para el caso de tamaños de oído infantiles, lo cual es suficientemente alto como para causar daños en el cerebro. Para los adultos, la aceleración fue menor debido al mayor diámetro de sus canales auditivos.

Los científicos señalan que el volumen total y la posición del agua en el canal cambian la aceleración necesaria para eliminarla. Pero alégrate, el agua no se quedará ahí; afortunadamente, los investigadores señalaron que existe una solución que no implica sacudir la cabeza, ésta es colocar unas pocas gotas de un líquido con una tensión superficial inferior a la del agua, como alcohol o vinagre, en cuyo caso, se reducirá en el oído la fuerza de tensión superficial que permite que el agua fluya hacia afuera.



Y si de fluidos hablamos, el que sigue ya no es considerado como tal. Es decir, antes, la electricidad era considerada como un fluido, pero la teoría del fluido eléctrico, debida a

Franklin, está abandonada. Hoy se considera que la electricidad es una propiedad de los protones y electrones, no un fluido que puede pasar de unos a otros. Pero por qué te hablo de electricidad, bueno, porque investigadores de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga (España) han diseñado una camiseta *low cost* capaz de producir electricidad por la diferencia de temperatura del cuerpo y del entorno. Es el prototipo *e-textile*, desarrollado junto con el Instituto Italiano de Tecnología de Génova (IIT), a partir de métodos sostenibles y materiales de bajo coste como la piel de tomate; así como lo lees, un dispositivo electrónico a partir de la cáscara de tomate y no de algún metal como sucede comúnmente.

La fórmula es muy sencilla: agua y etanol –un tipo de alcohol ecológico–, derivados de la piel de tomate y nanopartículas de carbono. Una disolución que, según los expertos, al calentarse, penetra y se adhiere al algodón, consiguiendo con ello propiedades eléctricas como las que genera el telurio, el germanio o el plomo, pero a partir de materiales biodegradables. Ahora imagínate que sales a correr con el dispositivo que te comenté al principio, después de un rato entras en calor, si llevaras puesta la camiseta que te comento ahora, al haber diferencia con la temperatura más fría del ambiente, podrías producir electricidad (y no de esa que

genera toques y chispas cuando saludas a alguien o tocas un metal).

Los usos de esta tecnología son enormes, en la biomedicina se podrán monitorear las señales de cada usuario-paciente, o en la robótica, puesto que con el uso de estos materiales menos pesados y más flexibles se pueden mejorar las características de los robots. Pero, sobre todo, anhelamos el día en que, gracias a esta camiseta (aunque no tenga la foto de nuestro artista favorito), podamos generar luz para que nuestros diseños se vean espectaculares y luminosos, o por qué no, cargar el móvil sin necesidad de usar el cargador, eso sería genial ¿no te parece?



COLABORADORES

Ángel Santos O.

Ingeniero agrónomo especialista en suelos por la UACH. Maestro en Edafología por el Colegio de Posgraduados. Doctor en Agroecología y Estudios Campesinos por la Universidad de Córdoba, España. Profesor investigador titular tiempo completo C-1 jubilado por la UACH. Sus líneas de investigación son el manejo de recursos naturales, estudios fisiográficos, agroecología urbana y soberanía alimentaria.

Beatriz de la Tejera Hernández

Ingeniera agrónoma desarrollo rural por la UAAAN. Maestra en Ciencias, con especialidad en Sociología Rural, por la UACH. Doctora en Economía por el Colegio de Posgraduados. Posdoctorada en Economía Institucional y Ecológica por la CRIM/UNAM-Universidad Córdoba, España. Profesora investigadora titular TC C-2 jubilada por la UACH. Sus líneas investigación son los procesos de transformación rururbanos y estrategias contra-hegemónicas de grupos sociales y manejo de recursos naturales, soberanía alimentaria, estrategias de vida y campesinas, instituciones comunitarias, mercados y crisis agrícolas. Miembro del SNI, nivel II.

Cecilia Noguez Garrido

Física, maestra y doctora por la UNAM. Directora e investigadora del Instituto de Física de la UNAM. Líder mundial en su área según el Council of Canadian Academies y la Stanford University. Árbitro de revistas internacionales y editora asociada del Journal of Nanoparticle Research, Optical Materials y de la revista Ciencia de la AMC. Premio Nacional de Ciencias y Doctorada Honoris Causa por la UAEM.

Hugo A. Barrera Saldaña

Biólogo por la UNAL. Doctor por la de Universidad de Texas en Houston. Posdoctorado en la Universidad Louis Pasteur, Francia. Tiene especialidades en Validación Clínica e Innovación y Comercialización de Biotecnologías. Miembro distinguido del SNI y de las academias nacionales de Ciencias y de Medicina. Fundador de Innbiogem, S.C., y Vitagénesis, S.A.

Julieta Fierro Gossman

Investigadora titular del Instituto de Astronomía y profesora de la Facultad de Ciencias-UNAM. Ocupa la Silla XXV de la Academia Mexicana de la Lengua; miembro del SNI, nivel II. Premio Kalinga a la divulgación de la ciencia.

Leticia Miriam Torres Guerra

Licenciada en Química Industrial por la UANL. Doctora en Materiales Cerámicos Avanzados por la Universidad de Aberdeen, Escocia. Jefa del Departamento de Eco-materiales y Energía de la FIC-UANL y líder del Cuerpo Académico Consolidado “Desarrollo de materiales ambientales”. Directora general del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (Cimav). Sus líneas de investigación son la síntesis, caracterización y evaluación foto(electro)catalítica de una gran variedad de materiales-semiconductores. Miembro del SNI, nivel III.

Luis Enrique Gómez Vanegas

Licenciado en Letras Hispánicas por la UANL. Diplomado en periodismo científico por la FCC-UANL. Autor del libro Soledades. Corrector de la revista Ciencia UANL y de Entorno Universitario, de la Preparatoria 16-UANL.

María Josefa Santos Corral

Doctora en antropología social. Su área de especialidad se relaciona con los problemas sociales de transferencia de conocimientos, dentro de las líneas de tecnología y cultura y estudios sociales de la innovación.

Nahui Olin Medina Chávez

Licenciada en Biotecnología Genómica y doctora en Ciencias, con especialidad en Biotecnología, por la UANL. Realiza estancia postdoctoral en la Universidad de Minnesota Twin Cities. Su línea de investigación se enfoca en los microorganismos extremófilos, en particular miembros del dominio Archaea.

Pedro César Cantú-Martínez

Doctor en ciencias biológicas. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el IINSO-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la calidad de vida e indicadores de sustentabilidad ambiental. Fundador de la revista Salud Pública y Nutrición (RESPyN). Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

Rogelio G. Garza Rivera

Ingeniero mecánico electricista y posgrado en enseñanza de las ciencias, con especialidad en Física, por la UANL. Profesor de tiempo completo adscrito a la FIME-UANL. Doctor Honoris Causa por el Consejo Iberoamericano en honor a la Calidad Educativa, en Lima, Perú. Actualmente es rector de la UANL.

Susana de la Torre Zavala

Química bacterióloga parasitóloga por la UANL. Doctora en Ciencias, con especialidad en Biotecnología de Plantas, por el Cinvestav-IPN Unidad Irapuato. Profesora-investigadora en el Instituto de Biotecnología de la FCB-UANL. Cuenta con perfil Prodep. Miembro del SNI, nivel I.

Valeria Souza Saldívar

Licenciada en Biología, maestra y doctora en Ciencias por la UNAM. Posdoctorada bajo la tutela del Dr. Richard Lenski, en la Universidad de California en Irvine y en la Michigan State University. Investigadora titular C en el Instituto de Ecología-UNAM. Sus líneas de investigación son la ecología evolutiva y la evolución molecular de los microorganismos. Su sitio principal de estudio es el oasis de Cuatro Ciénegas, Coahuila. Miembro del SNI, nivel III, “board of advisors” de Earth Leadership Governance y del Consejo de Pronatura noreste; miembro internacional de la American Academy of Arts and Sciences, Environmental Stewardship Award por la Society of Freshwater Science.

Lineamientos de colaboración

Ciencia UANL

La revista *Ciencia UANL* tiene como propósito difundir y divulgar la producción científica, tecnológica y de conocimiento en los ámbitos académico, científico, tecnológico, social y empresarial. En sus páginas se presentan avances de investigación científica, desarrollo tecnológico y artículos de divulgación en cualquiera de las siguientes áreas: ciencias exactas, ciencias de la salud, ciencias agropecuarias, ciencias naturales, humanidades, ciencias sociales, ingeniería y tecnología y ciencias de la tierra. Asimismo, se incluyen artículos de difusión sobre temas diversos que van de las ciencias naturales y exactas a las ciencias sociales y las humanidades. Las colaboraciones deberán estar escritas en un lenguaje claro, didáctico y accesible, correspondiente al público objetivo; no se aceptarán trabajos que no cumplan con los criterios y lineamientos indicados, según sea el caso se deben seguir los siguientes criterios editoriales.

Criterios editoriales (difusión)

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiendo por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no se haya publicado o enviado a otras revistas.
- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores, en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación.
- El artículo debe ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- Debe considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.
- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deben contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deben presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.
- Sólo se aceptan modelos matemáticos si son validados experimentalmente por el autor.
- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que aunadas a ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de cada autor de máximo 100 palabras y carta firmada por todos los autores (formato en página web) que certifique la originalidad del artículo y cedan derechos de autor a favor de la UANL.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas (incluyendo figuras y tablas).
- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, incluir cinco palabras clave.
- Las referencias se deberá utilizar el formato Harvard para citación.
- Material gráfico incluye figuras, imágenes y tablas, todas las imágenes deberán ser de al menos 300 DPI.

Criterios editoriales (divulgación)

- Sólo se reciben para su publicación materiales originales e inéditos. Los autores, al enviar su trabajo, deberán manifestar que es original y que no ha sido postulado en otra publicación.
- Se aceptarán artículos con un máximo de tres autores.
- Los contenidos científicos y técnicos tienen que ser conceptualmente correctos y presentados de una manera original y creativa.
- Todos los trabajos deberán ser de carácter académico. Se debe buscar que tengan un interés que rebase los límites de una institución o programa particular.
- Tendrán siempre preferencia los artículos que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática o lectores a los que se dirige la revista.
- Para su mejor manejo y lectura, cada artículo debe incluir una introducción al tema, posteriormente desarrollarlo y finalmente plantear conclusiones. Se recomienda sugerir bibliografía breve, para dar al lector posibilidad de profundizar en el tema. El formato no maneja notas a pie de página.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias citadas en el texto.
- Los artículos deberán tener una extensión máxima de cinco cuartillas y una mínima de tres, incluyendo tablas, figuras y bibliografía. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable de *Ciencia UANL* una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.
- Las figuras, dibujos, fotografías o imágenes digitales deberán ser de al menos 300 DPI.
- En el caso de una reseña para nuestra sección Al pie de la letra, la extensión máxima será de dos cuartillas, deberá incluir la ficha bibliográfica completa, una imagen de la portada del libro, por la naturaleza de la sección no se aceptan referencias.
- El artículo deberá contener claramente los siguientes datos en la primera cuartilla: título del trabajo, autor(es), institución y departamento de adscripción laboral (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios), dirección de correo electrónico para contacto.

*Nota importante: todas las colaboraciones, sin excepción, serán evaluadas. Todos los textos son sometidos a revisión y los editores no se obligan a publicarlos sólo por recibirlos. Una vez aprobados, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.

Todos los artículos deberán remitirse a la dirección de correo:

revista.ciencia@uanl.mx

o bien a la siguiente dirección:

Revista *Ciencia UANL*. Dirección de Investigación, Av. Manuel L. Barragán, Col. Hogares Ferrocarrileros, C.P. 64290, Monterrey, Nuevo León, México.

Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:

Tel: (5281)8329-4236. <http://www.cienciauanl.uanl.mx/>

CiENCIA UANL



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



**¿Quieres anunciarte con nosotros?,
tenemos un espacio para ti**

**Si deseas promover tu negocio, tu marca
o tus servicios, y hacer que investigadores,
profesores y alumnos universitarios te tengan
presente, te invitamos a formar parte de
Ciencia UANL, una publicación de circulación
nacional con más de 20 años de historia.**

**Para mayores informes comunícate con nosotros
al tel. (81) 8329-4236,
o bien al correo revista.ciencia@uanl.mx**



ALERE FLAMMAM VERITATIS



$\Delta x = OA$

$$\sqrt{1 - \frac{x^3}{3} - \frac{y^6}{5}}$$

$$\iiint_{(V)} f(x,y,z) dV$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{A - B^2}}$$

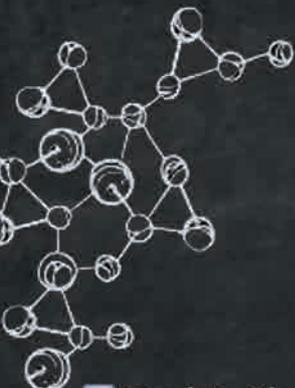
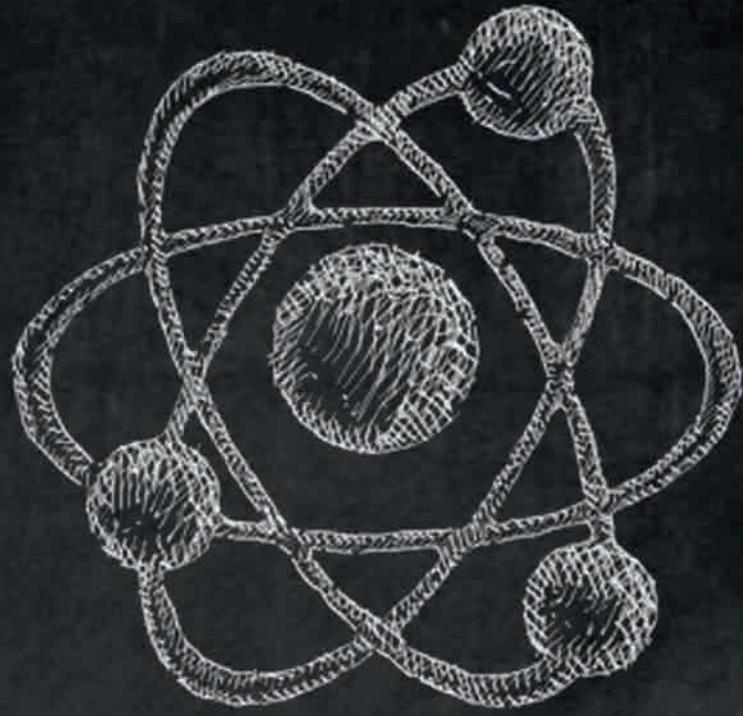
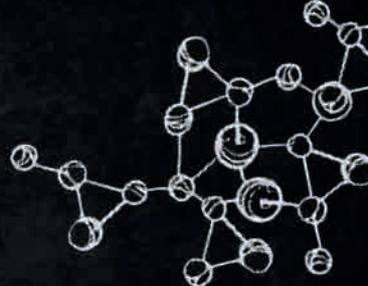
$\sin \alpha$

$y' = -a^3$

$$m = \lim_{i \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^m p(s, n, i)$$

$$z = \sqrt{R^2 - (2\pi rL)}$$

#165487587



RevistaCienciaUANL

RevistaCIENCIAUANL



Indexada en: PERIÓDICA



Actualidad Iberoamericana
Índice Internacional de Revistas



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



latindex
CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICANA"