

Bioteecnología en MOVIMIENTO

REVISTA DE DIVULGACIÓN DEL INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA UNAM



Disponible en
www.ibt.unam.mx

El estilo femenino en el liderazgo de la ciencia

Plásticos biodegradables

La importancia de la inmunología

El nacimiento de una bacteria

Innovación y emprendimiento a la mexicana

Vinculación sin conflicto de intereses

Silenciando genes

Estrés en la infancia: consecuencias en la vida adulta

El metagenoma del taco



Instituto de Biología





EL CONCURSO DE EMPRESAS VERDES MÁS IMPORTANTE DE MÉXICO

Desde hace **8 AÑOS** hemos apoyado a la creación y consolidación de más de **500 EMPRESAS** de base tecnológica con soluciones ambientales.

¡SÉ PARTE DEL CAMBIO!

Lleva tu innovación al mercado de tecnología limpia.

INGRESA A
WWW.CLEANTECH.MX
Y CONOCE MÁS

Regístrate antes del **10 de abril**

INNOVACIÓN SUSTENTABLE

CIENCIA

y cultura...

HASTA LA SEPULTURA



www.revistac2.com

Más de 60 mil
impactos en México



El Innovador

Innovación y Competitividad en la Sociedad del Conocimiento

Más de 7 millones de reproducciones en redes sociales

CONTENIDO PERIODÍSTICO ORIGINAL

- Cultura de innovación empresarial
- Emprendimiento y toma de decisiones
- Patentes, transferencia de tecnología y conocimiento
- Publireportajes

ANÚNCIATE en El Innovador e impacta positivamente en las industrias

contacto@elinnovador.mx

Tel.: 01 (55) 63896667



El Innovador Oficial

DIRECTORIO

UNAM

RECTOR

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers

SECRETARIO GENERAL

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

SECRETARIO ADMINISTRATIVO

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez

SECRETARIO DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa

SECRETARIO DE ATENCIÓN

A LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA

Dr. César I. Astudillo Reyes

ABOGADA GENERAL

Dra. Mónica González Contró

COORDINADOR DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Dr. William Henry Lee Alardín

DIRECTOR GENERAL DE COMUNICACIÓN SOCIAL

Lic. Néstor Martínez Cristo

IBt

DIRECTOR

Dr. Octavio Tonatiuh Ramírez Reivich

SECRETARIO ACADÉMICO

Dr. Enrique Rudiño Piñera

SECRETARIO DE VINCULACIÓN

Dr. Enrique Galindo Fentanes

SECRETARIO ADMINISTRATIVO

C.P. Francisco Arcos Millán

COORDINADOR DE INFRAESTRUCTURA

Dr. Gerardo Corzo Burguete

JEFES DE DEPARTAMENTO

BIOLOGÍA MOLECULAR DE PLANTAS

Dr. Luis Cárdenas Torres

GENÉTICA DEL DESARROLLO Y FISIOLÓGIA MOLECULAR

Dr. Alberto Darszon Israel

INGENIERÍA CELULAR Y BIOTECNOLÓGIA

Dra. Gloria Saab Rincón

MEDICINA MOLECULAR Y BIOPROCESOS

Dra. Leonor Pérez Martínez

MICROBIOLOGÍA MOLECULAR

Dra. Guadalupe Espín Ocampo

EDITOR

Dr. Enrique Galindo Fentanes
galindo@ibt.unam.mx

EDITORA EJECUTIVA

Dra. Georgina Ponce Romero
geop@ibt.unam.mx

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Claudia Martínez Anaya

Dra. Martha Pedraza Escalona

Dr. Fernando Lledias Martínez

Dr. José Luis Reyes Taboada

Dr. Enrique Reynaud Garza

Dr. Adán Guerrero Cárdenas

Dr. Carlos Peña Malacara

Dr. Edmundo Calva Mercado

M.C. Blanca Ramos Cerrillo

M.C. Joaquín Ramírez Ramírez

Biotecnología en Movimiento, año 2, No. 7, publicación trimestral, editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Col. Universidad Nacional Autónoma de México, C.U. Delegación Coyoacán C.P. 04510, a través del Instituto de Biotecnología, Av. Universidad 2001, Col. Chamilpa, C.P. 62210, Cuernavaca, Mor., Tel. 3291771. Liga electrónica www.ibt.unam.mx, correo electrónico biotecnov@ibt.unam.mx. Editores responsables Enrique Galindo y Georgina Ponce. Reserva de derechos al uso exclusivo 04-2015-06 1212170800-203 otorgada por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización Dr. Gabriel Corkidi. Av. Universidad 2001, Col. Chamilpa, C.P. 62210, 6 de diciembre, 2016.

FOTOGRAFÍA

Colaboración especial de Archivos Compartidos UAEM-3RÍOS. Fotografías de Ernesto Ríos Lanz, Adalberto Ríos Szalay y Adalberto Ríos Lanz
Sergio Trujillo Jiménez

ILUSTRACIÓN Y DISEÑO EDITORIAL

letrasDG.com
letras@letrasdg.com
☎ (777) 322 57 82

NÚMERO 8

ENERO-FEBRERO-MARZO DE 2017

Biotecnología en MOVIMIENTO

REVISTA DE DIVULGACIÓN DEL INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA UNAM

Presentación del Comité Editorial

2



GENERANDO CONOCIMIENTO EN EL IBt

Producir plásticos biodegradables:
un reto de la biotecnología

3



RECONOCIMIENTOS A LOS

MIEMBROS DE NUESTRA COMUNIDAD

Dra. Yvonne Rosenstein Azoulay,
Premio Nacional de Inmunología 2016

6



PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE NUESTROS ESTUDIANTES

El nacimiento de una bacteria

8



PROPIEDAD INTELECTUAL, TECNOLOGÍA Y EMPRESA

Innovación y emprendimiento a la mexicana
en el Campus Morelos de la UNAM

12

Excepción al conflicto de interés: Reforma al régimen
de conflicto de interés para favorecer la vinculación
de los investigadores con el sector productivo

16



CURSOS Y TÓPICOS SELECTOS EN EL IBt

Entendiendo a aquellos que silencian información genética:
los ARN pequeños

20



HISTORIAS DE NUESTRA COMUNIDAD

El estilo femenino en el liderazgo de la ciencia

23



CIENCIA Y CULTURA

El estrés en la infancia puede dejar huellas que perduran
hasta la vida adulta

26



VIAJES BIOTECNOLÓGICOS

El metagenoma del taco

29



PRESENTACIÓN

Biotecnología en Movimiento cumple dos años! de compartir el conocimiento con todos los que nos leen. El equipo de producción de la revista agradece mucho el interés y la aceptación que nos han brindado los lectores. Ello nos entusiasma y nos motiva a tener una publicación cada vez mejor.

México no se caracteriza por formar líderes desde temprana edad y como consecuencia de ello, debemos aprender a atrevernos a serlo cuando se presenta la oportunidad. En este número, un grupo de colegas mujeres nos comparten la manera cómo se ejerce el estilo femenino en el liderazgo de la ciencia.

El estudio -por muchos años- de una importante proteína llamada "CD43", fue la razón por la que una de nuestras investigadoras recibiera el Premio Nacional de Inmunología 2016, que otorga la Sociedad Mexicana de Inmunología. Proteínas como esa ayudan al cuerpo a inactivar a los virus y a las bacterias, entre otros agentes dañinos. Por cierto... ¿sabes cómo nace una bacteria? en este número también te lo contamos.

Un grupo de investigadores del IBt están desarrollando tecnología para producir plásticos biodegradables, que esperamos más tarde tendrán usos en diferentes aplicaciones. En caso de que posteriormente puedan vincularse con la industria, tendrían que explorar la posibilidad de vincularse sin conflicto de intereses. En las siguientes páginas exploramos ambos temas.

El estrés excesivo provocado por la separación de las madres y sus crías (en un modelo que usa ratas de laboratorio) tiene efectos altamente nocivos en el desarrollo de habilidades psicoemocionales y metabólicas, que se expresan incluso en la edad adulta de las crías. Es por ello que se vuelve fundamental cuidar, querer y proteger a las crías, desde luego incluyendo a las de los humanos.

Nos sorprenderá lo que podríamos encontrar en un delicioso taco. Mediante el análisis llamado metagenómica es posible saber si un taco de barbacoa proviene realmente de un borrego o de un chivo o... de algo diferente. Te lo contaremos en un artículo de este número.

Nos complace anunciarles que, a partir de este número tenemos acceso a imágenes del sistema Archivos Compartidos UAEM- 3Ríos, de los fotógrafos y académicos morelenses Adalberto Ríos Szalay, Ernesto Ríos Lanz y Adalberto Ríos Lanz, colaboración que mucho agradecemos.

Para nosotros es muy importante conocer tu opinión sobre los artículos de la revista, así que te invitamos a escribirnos a: biotecmov@ibt.unam.mx

Sección a cargo de Claudia Martínez Anaya (cma@ibt.unam.mx) y Fernando Lledías Martínez (flledias@ibt.unam.mx)

Mediante la aplicación del método científico, estudiantes e investigadores contestan preguntas que van desde lo más básico, hasta la resolución de problemas específicos en diversas áreas del conocimiento. Los resultados del gran número de experimentos que se llevan a cabo cotidianamente en el IBt son publicados en revistas internacionales para compartir esos hallazgos

con otros investigadores en todo el mundo. En el IBt se publican anualmente alrededor de 150 artículos en revistas científicas. En esta sección se presenta una selección de resúmenes de publicaciones recientes del IBt, con la intención de dar una idea del panorama del trabajo experimental que hacen los investigadores y los estudiantes de nuestro instituto.

Producir plásticos biodegradables: un reto de la biotecnología

Ing. Quím. Modesto Millán Ponce y Dr. Carlos Peña Malacara

No podemos imaginar nuestra vida en la actualidad sin los materiales plásticos. Estamos invadidos por plásticos de origen petroquímico que encontramos en todos lados: ya sea protegiendo alimentos y bebidas como materiales de empaque, en los electrodomésticos, e incluso en la ropa que usamos. Debido a la amplia variedad de propiedades de los materiales plásticos y a su versatilidad, éstos pueden utilizarse como reemplazo de materiales cerámicos y metálicos en la industria de la construcción, electrónica, automotriz y aeroespacial. El uso de plásticos tiene muchas ventajas, pero también un lado negativo: que una vez que cumplen su vida útil (que en algunos casos es de sólo pocas horas) pasan a ser desechos, donde su disposición final es el inicio de un problema ambiental, ya que únicamente una proporción (menos del 30 %) son reciclados o reutilizados. De hecho, la acumulación de materiales plásticos en ambientes marinos ocasiona que algunos animales acuáticos los ingieran ocasionando problemas en su desarrollo.

Una opción biológica y amigable con el ambiente para sustituir los materiales plásticos de origen petroquímico son aquellos que se elaboran usando compuestos alternativos, tales como los polihidroxialcanoatos (PHAs). Los PHAs son moléculas muy largas (llamadas polímeros)



El material plástico altera la ecología de los sistemas

Fotografías: Adalberto Rios Szalay

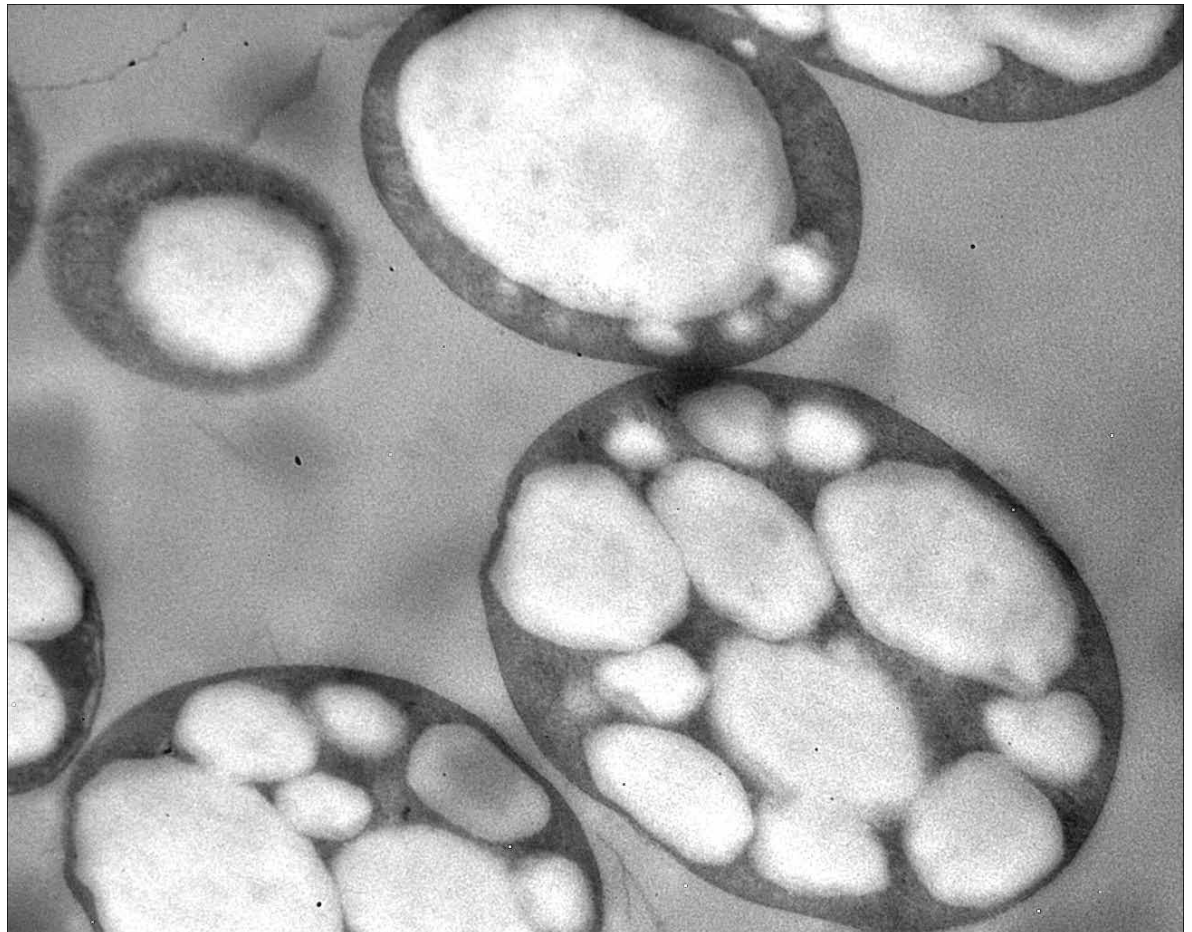


Foto al microscopio electrónico del bioplástico (PHB) en la bacteria

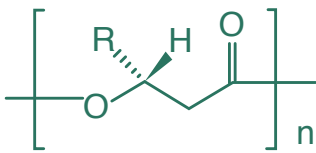


Figura 1. Estructura química del PHA

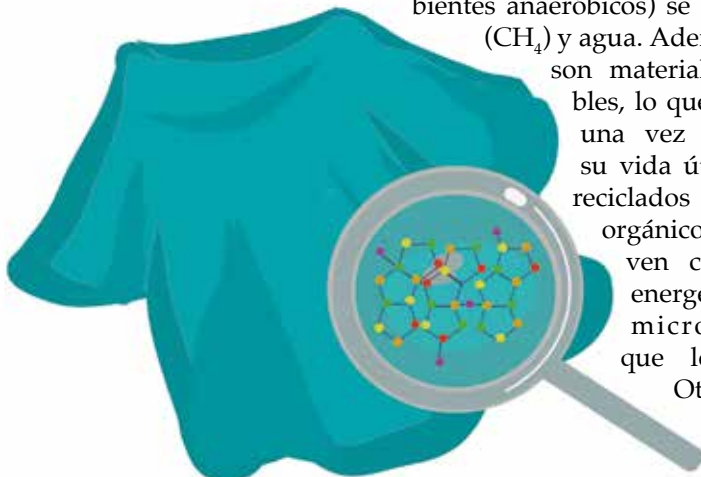
compuestas de ácidos hidroxialcanoicos (por ejemplo, el 3-hidroxibutirato) unidos por enlaces químicos denominados "éster" (figura 1), que son producidos por microorganismos como arqueas y bacterias a partir de fuentes renovables y que se acumulan en forma de gránulos o inclusiones dentro de las células. La principal característica que presentan estos polímeros microbianos o también llamados biopolímeros (por su origen biológico) es que son totalmente biodegradables. De hecho, en presencia de oxígeno, los polihidroxialcanoatos se descomponen relativamente rápido, generando sólo agua y dióxido de carbono (CO₂); mientras que, en ausencia de oxígeno (ambientes anaeróbicos) se forma metano (CH₄) y agua. Además, los PHAs

son materiales compostables, lo que significa que una vez que finalizan su vida útil pueden ser reciclados como abonos orgánicos, ya que sirven como reservas energéticas para los microorganismos que los producen. Otra característica ventajosa que presen-

tan los PHAs es que son materiales biocompatibles por lo que pueden emplearse en el área médica, como es la ingeniería de tejidos, en la que se usan como soporte para el crecimiento de células, como material para la encapsulación de fármacos o en la elaboración de prótesis que actualmente se elaboran de metales y pueden llegar a causar problemas de salud en los pacientes.

Existen más de 150 diferentes tipos de PHAs, de los cuales el más común es el poli-3-hidroxibutirato (PHB) que es un polímero lineal compuesto por moléculas de 3-hidroxibutirato. El poli-3-hidroxibutirato presenta propiedades termoplásticas similares al poliestireno y al polipropileno.

Dentro de las más de 300 especies bacterianas capaces de producir bioplásticos se encuentra *Azotobacter vinelandii*, que es una bacteria del suelo, no patógena (no causa enfermedades en humanos ni en plantas), y en la cual la cantidad de PHB que acumula en su interior puede representar hasta el 80 % de su peso. En nuestro grupo de investigación utilizamos esta bacteria como modelo de estudio para la producción de PHB y actualmente contamos con cepas genéticamente modificadas, capaces de acumular hasta el 90 % de su peso en forma de bioplástico. Generalmente, *A. vinelandii* acumula PHB cuando el oxígeno limita su crecimiento y bajo condiciones de



exceso de compuestos de carbono, algo similar a lo que sucede en los humanos cuando comemos demasiado y no hacemos ejercicio (que es una manera de utilizar la energía que obtenemos de los alimentos), lo que ocasiona que en nuestro cuerpo se acumule la grasa como material de reserva energética. Podemos decir que el PHB en los microorganismos es un polímero para almacenar carbono y energía.

Por ser el PHB un bioplástico constituido por unidades repetidas de un misma molécula (o "monómero" que es el nombre que se le da a las moléculas individuales que forman la cadena del polímero), el grado de polimerización (es decir, el número de veces que se repite el monómero) es lo que determina el tamaño o peso molecular de la cadena polimérica. Esto a su vez determina sus propiedades, de las cuales va a depender la aplicación del material. Por ejemplo, la velocidad de degradación, la elasticidad y la resistencia del material dependen del tamaño (peso molecular) de la cadena de PHB. Por ello es necesario entender qué factores del cultivo de la bacteria y bajo qué condiciones se favorece la producción de polímeros con diferentes pesos moleculares. Los microorganismos que producen PHB cuentan con enzimas que participan en la síntesis o formación del bioplástico, además de otras enzimas encargadas de degradar o cortar el PHB para obtener energía que se utiliza para mantener las funciones metabólicas de los microorganismos, cuando no existen nutrientes disponibles en su ambiente. De esta manera, el peso molecular del PHB depende de ambas etapas, tanto de su síntesis como de su degradación.

Recientemente en nuestro laboratorio, descubrimos que cuando cultivamos a la bacteria *A. vinelandii* en un fermentador en condiciones controladas de oxígeno disuelto, el peso molecular del bioplástico no depende de la cantidad de oxígeno presente en los cultivos. Si bien es cierto que la cantidad de PHB que acumula *A. vinelandii* aumenta en condiciones en las que el oxígeno es bajo, el peso molecular del PHB producido por la bacteria fue similar en condiciones de cultivo tanto de falta como de exceso de oxígeno. Además, descubrimos que el peso molecular del PHB es dependiente de la edad del cultivo; es decir, mientras la bacteria se encuentra en la fase de crecimiento, especialmente la enzima de síntesis (llamada "sintasa") encargada de unir monómeros a la cadena de biopolímero, se encuentra muy activa, lo que ocasiona que se formen cadenas muy largas de PHB. Sin embargo, después de varias horas de que la bacteria ha estado creciendo, las enzimas que cortan el PHB (llamadas "depolimerasas") se vuelven más activas, ocasionando la degradación del biopolímero y dan como resultado cadenas de menor tamaño.



Lo anterior demuestra que el tamaño final de las moléculas de PHB depende del balance de la actividad de las enzimas encargadas tanto de unir como de cortar las cadenas del biopolímero.

Es importante señalar que un biopolímero de mayor tamaño no es necesariamente mejor que uno de menor tamaño, ya que todo depende de la aplicación que se le dé al material. Por ejemplo, para elaborar un hilo de sutura que se usa en el área médica, requerimos que sea degradado en pocos días, mientras ocurre la cicatrización de la herida. Por el contrario, para elaborar una prótesis que será implantada en un paciente, requerimos que el biopolímero se degrade muy lentamente dentro del paciente (en años) para dar tiempo que el organismo regenere la parte afectada. Aún falta mucha investigación por realizar, pero el entender los procesos que ocurren en una bacteria productora de PHB permitirá diseñar estrategias de cultivo para generar polímeros con diferentes características que puedan cubrir diferentes áreas de aplicación. Con estos hallazgos es posible definir cuándo se debe detener el proceso para cosechar las bacterias y recuperar el bioplástico que acumularon en su interior durante su crecimiento, dependiendo de la aplicación deseada para el material.

Contacto: carlosf@ibt.unam.mx

Este trabajo fue originalmente publicado en el siguiente artículo científico:
Millán M., Segura D., Galindo E., Peña C. (2016), Molecular mass of poly-3-hydroxybutyrate (P3HB) produced by *Azotobacter vinelandii* is determined by the ratio of synthesis and degradation under fixed dissolved oxygen tension. *Process Biochemistry*, 51: 950-958.



Sección a cargo de **Martha Pedraza Escalona** (mapedmx@ibt.unam.mx)

Los académicos del IBt tienen trayectorias en la ciencia y la tecnología que les han hecho acreedores de reconocimientos de diferentes instituciones. A la par, se encuentran estudiantes que construyen su experiencia acompañados de sus tutores

en la generación de conocimiento. En esta sección se mencionan algunos de los reconocimientos más notables que nuestra comunidad recibió en 2016.

Dra. Yvonne Rosenstein Azoulay

PREMIO NACIONAL DE INMUNOLOGÍA 2016

Dra. Martha Pedraza Escalona y Dr. David Jáuregui Zúñiga



Hay que trabajar mucho y no tener miedo a realizar investigaciones de frontera utilizando técnicas novedosas con la atención plena en la formulación de la pregunta que desea contestar

En el marco del 40 aniversario de la Sociedad Mexicana de Inmunología se otorgó el Premio Nacional de Inmunología 2016 “Trayectoria Científica y Académica” a la Dra. Yvonne Rosenstein, miembro destacado de la comunidad del IBt, por su notable vocación de servicio y entrega a la formación de recursos humanos, así como por sus trascendentes aportaciones científicas, tecnológicas y académicas en el campo de la inmunología.

Un inicio azaroso en la ciencia

La Dra. Yvonne Rosenstein es originaria de la Ciudad de México, hija de padres refugiados. Vivió una infancia tranquila, junto con su hermano, dentro de un núcleo familiar conformado por amigos en la misma situación. Sin mucha idea de qué estudiar y mientras estaba formada para acceder al examen de ingreso a la licenciatura en la UNAM, en el último momento escogió la carrera de biología en la Facultad de Ciencias, la cual concluyó de manera sobresaliente obteniendo el premio al mejor estudiante de su Facultad. Realizó su tesis de licenciatura bajo la tutoría del Dr. Ruy Pérez Tamayo, y más tarde se mudó a Francia para realizar una maestría en ecología humana, pero nuevamente por azares del destino decidió cambiarse a una maestría en nu-

trición, la cual concluyó sin contratiempos. Al terminar la maestría hizo sus estudios de doctorado bajo la tutoría del Dr. C. Frayssinet en el laboratorio de Toxicología del *Institut de Recherches sur le Cancer*, cerca de París. Su proyecto doctoral demostró por primera vez la actividad inmunosupresora de las toxinas del hongo *Fusarium poae*. Este trabajo, además de novedoso para el grupo de investigación en el que se encontraba, fue el inicio de una relación apasionante con la inmunología.

Al terminar sus estudios de doctorado regresó a México para realizar una estancia posdoctoral con el Dr. Kretschmer en el Centro Médico (ahora Centro Médico Siglo XXI) y después en el Instituto de Investigaciones Biomédicas con el Dr. Esteban Celis. Posteriormente, realizó un posdoctorado en el *Dana-Farber Cancer Institute* en Boston, Estados Unidos de Norteamérica, con el Dr. Steven Burakoff, reconocido inmunólogo y en ese entonces jefe del departamento de Oncología Pediátrica de ese Instituto.

CD43, una molécula multifuncional

Es en el laboratorio del Dr. Burakoff en donde la Dra. Rosenstein fortaleció su dedicación en el campo de la inmunología, estudiando la función de diferentes proteínas denominadas CDs (por sus siglas en inglés "Clusters of Differentiation" o grupos de diferenciación), entre ellas las moléculas: CD2, CD4, CD8 y CD43. Las CDs son proteínas que se encuentran en la superficie de diferentes células del sistema inmune y poseen diversas funciones; en particular, la Dra. Rosenstein estudió la participación de CD43 en la activación de los linfocitos T (células del sistema inmune que ayudan al cuerpo a combatir enfermedades o sustancias dañinas, como bacterias o virus), destacando aquellos trabajos que fueron publicados en la prestigiosa revista *Nature* y que fueron el inicio de una línea de investigación que continúa hasta el momento. Al terminar su estancia en el laboratorio del Dr. Burakoff, la Dra. Yvonne regresó a México y se incorporó al Instituto de Biotecnología, donde lleva trabajando casi veinte años.

Durante su vida académica en el IBt ha realizado una aportación sólida al cono-

cimiento de CD43 tratando de entender el papel bioquímico y funcional que juega esta molécula en el comportamiento de los linfocitos, y más recientemente su función en el reconocimiento de patógenos en macrófagos (células del sistema inmune, las cuales son una de las primeras líneas de defensa del organismo encargadas de "comer microorganismos y desechos") y las acciones específicas sobre células tumorales. Además, se ha involucrado en el estudio de péptidos antimicrobianos con capacidad de modular la respuesta inmune y que provienen de las secreciones cutáneas de ranas arborícolas de Morelos.

Formadora de científicos independientes

La Dra. Rosenstein ha formado a una gran cantidad de investigadores que tienen a la inmunología como su campo de

cional y experimental, estadística y tecnología. Además, gracias a los avances de la tecnología moderna, se ha preocupado porque estos seminarios lleguen a las aulas de numerosas universidades nacionales, beneficiando a otros estudiantes y sus profesores.

Fórmula para el éxito

Es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias desde el año 2000 y cuenta con más de 70 artículos de investigación científica a la que otros investigadores de su área hacen referencia (con más de 2400 citas bibliográficas). La Dra. Rosenstein menciona que para mantenerse vigente en la ciencia hay que trabajar mucho y no tener miedo a realizar investigaciones de frontera utilizando técnicas novedosas con la atención plena en la formulación de la pregunta que se desea contestar.



estudio; su estrategia ha sido convencer a sus estudiantes de su capacidad para estructurar pensamiento científico y que sus ideas son valiosas para generar nuevo conocimiento, además de propiciar su iniciativa e independencia en la investigación.

Adicionalmente, la Dra. Rosenstein coordina la serie de seminarios "Frontiers in Genomics" para que los estudiantes, principalmente de licenciatura, se adentren en la investigación de frontera en el área de ciencia genómicas que se realiza en el mundo, tales como bioinformática, genómica funcional, evolutiva y comparativa, genómica humana, genómica bacteriana, análisis computa-

El futuro de la ciencia

La ciencia en México tiene un futuro complicado debido a la falta de recursos económicos, además de que se ha imposibilitado la generación de plazas de trabajo para los nuevos científicos, lo cual podría resultar en una fuga muy importante de talento mexicano a otros países. Sin embargo, la Dra. Rosenstein afirma que la única forma de consolidar el crecimiento de un país es a través de su crecimiento en ciencia, actividad que ha realizado durante toda su vida profesional a pesar de los problemas que la comunidad científica ha enfrentado en nuestro país



Sección a cargo de **Blanca Ramos Cerrillo (blanche@ibt.unam.mx)**

La formación de recursos humanos altamente especializados es una de las más importantes tareas del IBt. Sede del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Bioquímicas desde 1996, anteriormente lo fue del Posgrado en Investigación Biomédica Básica así como del de Biotecnología. En sus más de 30 años de existencia, en el IBt se han realizado cerca de 1800 tesis

de Posgrado y Licenciatura. Durante el año 2016 se concluyeron 19 tesis de Doctorado, 32 de Maestría y 37 de Licenciatura. Los egresados del IBt son igualmente requeridos en la investigación, la docencia y la industria. En esta sección se reseñan algunos trabajos con los que se graduaron recientemente estudiantes del IBt.



El nacimiento de una bacteria

M. en C. Luz Adriana Vega Cabrera

**¿Cómo nace una bacteria?
¿Por qué es importante saberlo?**

Las bacterias son organismos unicelulares que carecen de un núcleo rodeado por membranas y son llamados "procariotas". Un conjunto de bacterias da origen a una colonia, si crece en un ambiente sólido, o a un cultivo, si su crecimiento se da en medio líquido. Si consideramos que cada colonia proviene de una sola bacteria, tenemos que el resto de las células que la conforman son

clones de la primera, es decir, bacterias idénticas que contienen una copia exacta de su material genético.

¿Cuáles son las moléculas que permiten que una bacteria se divida? El proceso de división celular en una bacteria es complejo e involucra un gran número de proteínas. Su estudio se facilita al elegir un organismo modelo y experimental con él. En nuestro caso, consideraremos como organismo modelo a *Bacillus subtilis*, que es una bacteria con forma de bastón, que requiere oxígeno para crecer (aerobia), que se encuentra normalmente en el suelo.

Cada bacteria está cubierta por una pared celular rígida, que tiene una función de barrera que la protege del medio externo y le permite mantener su forma. *B. subtilis* tiene dos etapas de crecimiento: la etapa vegetativa y la etapa de esporulación.

La etapa vegetativa

Durante su vida vegetativa esta bacteria se divide mediante un proceso llamado fisión binaria, que ocurre aproximadamente cada 30 minutos. El proceso de división de *B. subtilis* inicia con la replicación

de su material genético y el crecimiento de la célula -cerca del doble de su tamaño inicial-; después, una copia del cromosoma duplicado se reparte en cada célula "hija", y éstas finalmente se separan para generar dos nuevas células independientes. La división ocurre gracias a la formación de una estructura llamada septo, en la parte media de la célula. Para la formación del septo intervienen un conjunto de proteínas las cuales llamaremos "divisoma".

Para que la división proceda, primero la célula tiene que asegurarse que la replicación del ADN ha sido exitosa y que el septo está ubicado en la posición correcta, es decir, en la parte media de la célula. Los sistemas llamados de "Oclusión del Nucleoide" ("NOC") y aquel compuesto por las proteínas denominadas "MinCDJ", son los encargados de que la división ocurra en la posición adecuada. Una vez que el sitio es el correcto, ahora es el turno del divisoma. La primera proteína del divisoma en ensamblarse se llama FtsZ, que forma un anillo en el sitio de división, llamado *el anillo Z*; FtsZ no puede unirse por sí mismo a la membrana, lo cual es necesario

para que se lleve a cabo la constricción. Es ahí donde los "elementos tempranos" del divisoma entran en acción para establecerlo y fijarlo en la membrana. Una vez que el anillo Z se ha establecido, se reclutan los "elementos tardíos" del divisoma. La función de estos elementos permitirá la constricción del anillo y la síntesis de pared celular nueva, que dará lugar a la separación completa de las dos células "hijas".

La etapa de esporulación

Adicionalmente al crecimiento vegetativo, cuando las condiciones del medio son desfavorables, *B. subtilis* experimenta un proceso de diferenciación conocido como esporulación. La formación de la espora permite a la bacteria resistir condiciones adversas hasta que nuevamente encuentra un ambiente adecuado para crecer, ya que las esporas son altamente resistentes al calor y a la desecación. La esporulación involucra la generación de dos células, una célula "madre" y una "prespora", y todo inicia con la formación de un septo. A diferencia de la fisión binaria, el posicionamiento del septo durante la esporu-

lación debe ocurrir en un extremo (o polo) de la célula y no en la región media de ella. Los elementos tempranos que componen el septo en ambas condiciones, son prácticamente los mismos, lo que diferencia a uno y otro proceso son los elementos que determinan en dónde se va a localizar el septo. Como dijimos antes, los sistemas "NOC" y "MinCDJ" participan en la etapa vegetativa, mientras que durante la esporulación, la proteína denominada SpoIIIE se encarga de movilizar al anillo Z de la parte medial de la célula hacia un polo. A diferencia de la división medial, durante la esporulación no se constriñe el anillo Z, sino que la separación de las células ocurre gracias a la ruptura de la célula "madre" que permite la liberación de una espora madura (Figura 1). La división polar es la parte inicial y es solamente una pequeña parte de la esporulación.

¿Por qué es importante saber cómo se divide una bacteria?

Este conocimiento es útil para diversos propósitos. El crecimiento



Una sola bacteria puede dar origen a millones de ellas en cuestión de pocas horas



Programa de Maestría y Doctorado

CIENCIAS BIOQUÍMICAS

SELECCIÓN MAYO Y OCTUBRE

www.ibt.unam.mx/docencia
docencia@ibt.unam.mx

BECAS del Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC) CONACyT
Calidad NIVEL INTERNACIONAL

Aposos para participar en congresos y estancias en el extranjero para maximizar tu formación académica.



Instituto de Biotecnología



UNAM

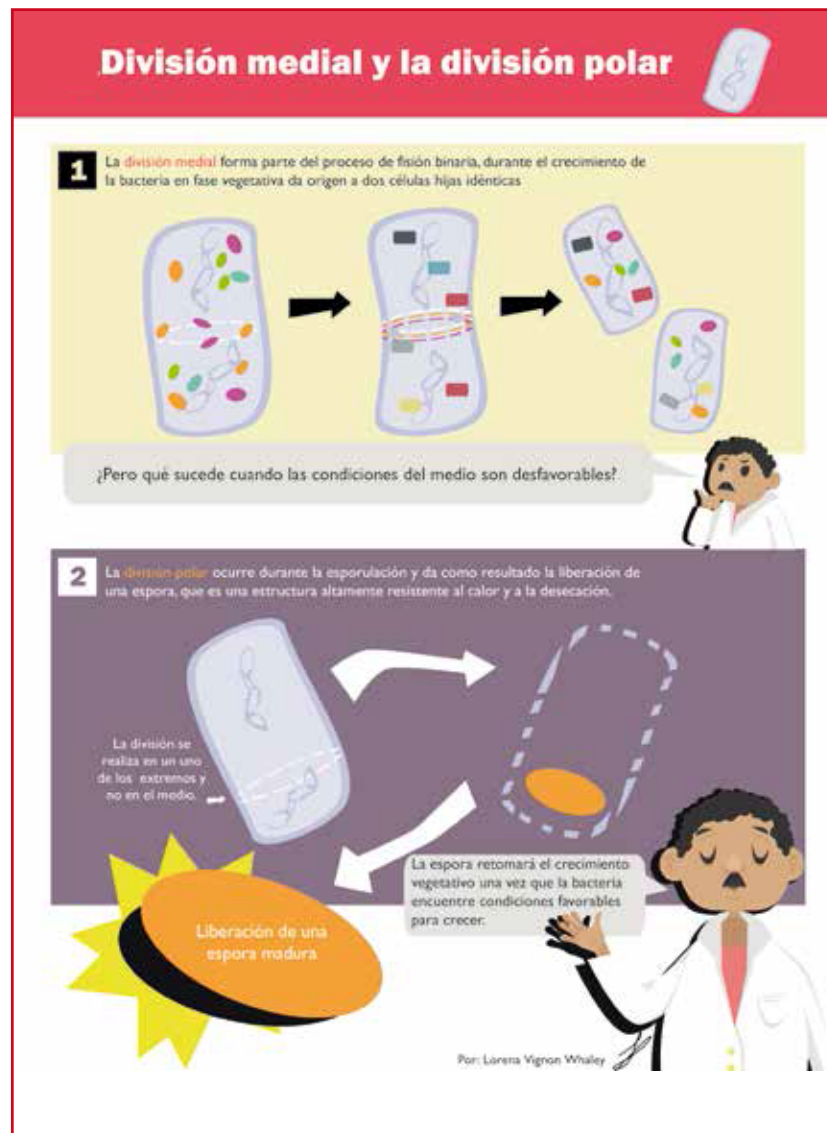


Figura 1

de una población de bacterias es exponencial (una población crece cada vez más rápido conforme se hace más grande), una sola bacteria puede dar origen a millones de ellas en cuestión de pocas horas; esto puede provocar una infección considerable, e incluso, llevar a la muerte, dependiendo de qué tan peligrosa sea esta bacteria para el organismo afectado. Los elementos que participan en la división celular pueden constituir un nuevo blanco para el desarrollo de antibióticos. La investigación más reciente está dirigida a encontrar blancos específicos y con menos probabilidades de generar resistencia. *B. subtilis* no es un patógeno de humanos; sin embargo, bacterias patógenas como: *Escherichia coli* enteropatógena, *Bacillus anthracis*, *Staphylococcus aureus* o

Streptococcus pneumoniae tienen en su genoma una copia de FtsZ, que podría ser un blanco efectivo para el desarrollo de nuevos agentes terapéuticos.

El conocimiento de la división celular también puede ser útil en la industria. *B. subtilis* es un organismo de importancia industrial debido a su utilidad en la producción de proteínas ya sea propias o recombinantes, es decir, proteínas que no son propias de la bacteria. Los compuestos producidos por *B. subtilis* son muy valorados en la producción de aditivos probióticos, detergentes y polihidroxialcanoatos (PHA) para la síntesis de biopolímeros. Además, algunas variedades de *B. subtilis* producen compuestos fungicidas naturales que pueden utilizarse en estrategias de control biológico

de enfermedades de plantas (ver por ejemplo, *Bioteología en Movimiento* No. 4, pág. 9). El control del crecimiento y la división celular en un cultivo puede determinar la cantidad y características de la producción de este tipo de compuestos.

B. subtilis es un modelo de estudio para el proceso de división celular bacteriano y el organismo modelo de elección para el proceso de diferenciación de la esporulación. Actualmente se utilizan tecnologías avanzadas para el análisis de la división celular en bacterias, como la microscopía de súper resolución, que permite el análisis de componentes individuales en las células en momentos tan precisos como la formación de un septo durante la división. Esta técnica, junto con el análisis del conjunto de proteínas que la bacteria sintetiza y sus interacciones, ayudan a determinar nuevos elementos involucrados en el proceso de división celular.

En mi proyecto de doctorado, evalué la participación de la proteína Spo0M en el proceso de división celular de *B. subtilis*. Spo0M es una proteína que participa en la esporulación. Cuando no está presente en la bacteria o está en exceso, el porcentaje de bacterias que esporulan es muy bajo. Esto indica que debe estar en concentraciones muy precisas y reguladas para llevar a cabo su función. La manera en la que Spo0M participa en la esporulación no se ha caracterizado totalmente y además, no existía ningún reporte que indicara que esta proteína tuviera una función en la etapa de vida vegetativa de la bacteria.

Durante el desarrollo del proyecto, descubrimos que cuando Spo0M está presente, no sólo disminuye el porcentaje de esporulación, sino que las bacterias tienen alteraciones en su morfología durante el crecimiento vegetativo: las bacterias son alargadas y su membrana está curvada (fig. 2). La aparición de bacterias más largas se relaciona con defectos en el proceso de división celular; las

bacterias crecen, su material genético se duplica, pero la división no ocurre. Mediante un análisis de iones de moléculas orgánicas en fase gaseosa, separados de acuerdo a su masa y su carga y detectados por equipos especializados (técnica llamada espectrometría de masas) fue posible determinar que Spo0M podría interactuar con proteínas que participan en

la división celular, como FtsZ o ZapA, y esto fue verificado con experimentos bioquímicos y microscopía de súper resolución. Nuestro trabajo es el primero que se lleva a cabo sobre la función de Spo0M en la vida vegetativa de la bacteria, nuestra pequeña contribución a esta gran historia.

Contacto: liliana@ibt.unam.mx



Luz Adriana Vega Cabrera se encuentra terminando su doctorado en Ciencias Bioquímicas en el grupo del Dr. Enrique Merino y tiene como tutora a la Dra. Liliana Pardo.

Figura 2

INVESTIGACIÓN y DESARROLLO **id** www.invdes.com.mx

La principal plataforma de noticias de ciencia, tecnología e innovación en Latinoamérica

 /Invdes
 @Invdes
 INVDESCiencia



Sección a cargo de Carlos Peña Malacara (carlosf@ibt.unam.mx)

El IBt tiene una muy importante capacidad de generación de conocimiento y una parte de él tiene el potencial de ser explotado comercialmente, para lo que requiere de la protección de los derechos de propiedad intelectual. La propiedad intelectual es un elemento fundamental de la innovación y nuestro Instituto es la entidad académica de la UNAM que más patentes genera. Por otro lado, la formación de empresas de base tecnológica continúa siendo un tema pendiente en nuestro país. Específicamente en el caso de la Biotecnología, la brecha es muy amplia, con los países desarrollados.

Aunque cada vez son más los programas que apoyan este tipo de acciones, estamos lejos de alcanzar los niveles que, como país, requerimos para un desarrollo competitivo. Esta sección pretende compartir con nuestros lectores diversas experiencias tanto del IBt como de otras instancias nacionales e internacionales orientadas al emprendimiento de base científica, desde la creación de nuevas empresas en diferentes campos de la biotecnología, así como la protección intelectual del conocimiento generado.

Innovación y emprendimiento a la mexicana EN EL CAMPUS MORELOS DE LA UNAM

Dra. Isabel Olalde Quintanar

¿Cuáles son los retos que existen en México para emprender y transferir el conocimiento y las innovaciones, desde el sector académico a la sociedad? Con este propósito, la Secretaría de Vinculación del IBt, la Unidad de Vinculación y Transferencia de Tecnología del Campus Morelos de la UNAM y el Club de Empresas *Spin-off* del propio Campus, el cual se ha constituido recientemente en la Asociación Civil *Innovando con Ciencia, A.C.* (<http://entrepreneurs01.wixsite.com/innovadores-u>), organizaron la 2ª Jornada de Innovación y Emprendimiento en el Campus Morelos de la UNAM Morelos, que se llevó a cabo en Junio de 2016. Un evento similar se llevó a cabo en el 2015 (1).

Se abordó un tema de particular relevancia y que era una limitante importante para la comercialización de innovaciones por parte de investigadores adscritos a centros públicos de investigación (la mayoría en el país): la excepción al conflicto de interés. El Dr. Rodrigo Roque, asesor

La Dra. Isabel Olalde es la Jefa de la Unidad de Vinculación y Transferencia de Tecnología de la Coordinación de Servicios Administrativos, UNAM, Campus Morelos.





legal del Foro Consultivo Científico y Tecnológico, y socio del Despacho Lozano Gracia Abogados, S.C. discutió este tema, el cual se incluye como un artículo en este número de la revista (2).

Por su parte, el Dr. Miguel Ángel Gómez Lim, Investigador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional en Irapuato, habló sobre “Las proteínas recombinantes, interés académico y comercial”, y compartió con el público el caso de éxito de la empresa RECOMBINA, enfocada a la producción de proteínas terapéuticas en hongos y de prestación de servicios a empresas biotecnológicas. El Dr. Gómez Lim relató cómo fue posible llegar a un acuerdo con una institución como el CINVESTAV (como contexto, ver referencia 3), transitando por un sinuoso camino

de ajustes legales y resolución del conflicto de interés, en la ausencia de un marco regulatorio específico de la institución.

El tema “Emprender desde la ciencia básica: experiencia de un estudiante del Instituto de Biotecnología de la UNAM”, fue abordado por el M. en C. Mario Mendieta Serrano, estudiante de doctorado el IBt, quien compartió su experiencia en el área del emprendimiento, a través de un proyecto para generar una plataforma biológica, basada en el modelo de pez Cebra, para la caracterización de la actividad biológica y toxicológica de moléculas y compuestos de importancia industrial, comercial y en el área de la salud. Mario Mendieta, con gran entusiasmo invitó a sus colegas estudiantes de posgrado a aventurarse a salir de los laboratorios y a probar fuera del

“... dejen de ser tímidos y vayan a probar afuera... pues lo que hace falta es conectar”

Recorre el camino de la ciencia

Visita el IBt

Donde el personal académico y los estudiantes de posgrado te darán una pequeña muestra del trabajo de investigación que realizan en sus laboratorios.

Las visitas se programan los miércoles y viernes en un horario matutino desde las 10 hrs. con grupos no mayores de 20 personas.

Se reciben grupos escolares de nivel medio y superior, así como de profesores y otros interesados.

Es posible planificar visitas con temas de interés particular, solicitándolo al momento de concertar la cita.

Contacto: visitas@ibt.unam.mx

"El cambio creo que ya está aquí entre nosotros, los que generamos el conocimiento y podríamos contribuir importantemente a cambiar el modelo económico, de uno de generación de maquila y clusters de manufactura -en el mejor de los casos-, a una economía del conocimiento"



Instituto la viabilidad de sus proyectos. El joven emprendedor insistió que los investigadores "... dejen de ser tímidos y vayan a probar afuera... pues lo que hace falta es conectar".

El Dr. Leobardo Serrano, investigador del IBT, y socio de la empresa Agro & Biotecnia, relató un caso de éxito en innovación. Abordó el tema "Investigadores vueltos empresarios, para lograr comercializar un biofungicida: la historia del desarrollo de *Fungifree AB*", y expuso el caso del desarrollo universitario que fue puesto en el mercado mexicano a finales del 2012 (4,5) y que actualmente está en búsqueda de cruzar las fronteras, gracias a las notables características de efectividad y calidad que ha demostrado tener el biofungicida *Fungifree AB*. El investigador destacó la necesidad de atender los aspectos de la multidisciplinariedad en las innovaciones "... ya que este proyecto no hubiera salido a luz desde el punto de vista comercial, si no hubieran intervenido un número importante de profesionistas y estudiantes de diferentes disciplinas". Serrano comentó que cada vez están apareciendo más oportunidades (tanto en instituciones de investigación como en organismos gubernamentales) para apoyar la innovación y el emprendimiento.

En el evento participaron también oficinas pri-



FUNGIFREE^{AB}

Biofungicida mexicano de alta tecnología, desarrollado por Agro&Biotecnia, empresa de base tecnológica surgida del Instituto de Biotecnología de la UNAM. Posee el certificado OMRI para su utilización en agricultura orgánica.



Fungifree AB es un biofungicida altamente efectivo para su uso certificado en 20 cultivos. Previene el ataque de patógenos y reduce la severidad de las enfermedades ocasionadas por hongos.

de INNOVADORES DE AMÉRICA

Fungifree AB ha sido reconocido con los premios más importantes a la innovación, tanto en México como en latinoamérica.



Fungifree AB es formulado con tecnología del Instituto de Biotecnología de la UNAM y del CIAD Culiacán.



Fungifree AB es un producto distribuido en México por **FMC** Sembrando vida juntos



vadas de transferencia de tecnología, así como empresas de asesoría y de consultoría financiera. Tal es el caso de la Dra. Karla Cedano Villavicencio, que en su momento fue directora general de la empresa INNO-Ba (Centro Lavín para el desarrollo de Innovación y Transferencia Tecnológica), quién compartió con el público una visión mexicana de la vinculación. “Gestión de innovación, basada en ciencia a la mexicana” fue el tema que abordó Cedano Villavicencio. Señaló algunos casos de innovaciones generadas en los laboratorios de los centros de investigación del Campus Morelos de la UNAM, como aquellos en el IBt, en proyectos relacionados con temas de influenza aviar y rotavirus, en los cuales la empresa INNO-Ba ha estado exitosamente vinculada.

El tema financiero de apoyo a la innovación es crucial y fue abordado ampliamente por la Mtra. Sandra Sainz, socia administradora de *SV Latam Fund*, quién tocó el tema “Capital Emprendedor, Innovación y Crecimiento Económico”. La analista en finanzas, resaltó el atractivo de los fondos de capital de riesgo para las empresas jóvenes con ideas novedosas, con productos o servicios que funcionen y que sean requeridos por el mercado. Sandra Sainz insistió en que el ecosistema en México no es aún el ideal para la innovación, pero los recientes cambios en la normatividad y en las reformas a las leyes son positivos, “...por lo menos ya se entendió que el científico puede generar riqueza y mientras mayor sea, más recursos va a haber para hacer ciencia y van a registrarse muchos más casos “inspiracionales”, para todos los que se quieran dedicar a esto.” La experta financiera afirmó que es necesario hacer visibles los casos de

éxito mexicanos en los mercados internacionales, para atraer la atención de los capitales sensibles a invertir en nuestro país.

Con una nutrida sesión de preguntas y respuestas, que refleja el inicio de un cambio de paradigma para los académicos y estudiantes, en el sentido de que, además de hacer ciencia de frontera, es posible llevar a cabo emprendimiento para impactar económicamente a la sociedad con su conocimiento. Ella confirma que la innovación y el emprendimiento son una palanca fundamental para impulsar la competitividad y el desarrollo económico del país. Son las instituciones donde se origina el conocimiento, los actores de un nuevo escenario, que deben crear los lineamientos particulares internos que inviten a generar productos y /o servicios para la sociedad (ver referencia 6). Este evento sintetizó muchas ideas y anhelos, como bien resumió el Dr. Antonio Juárez, investigador del Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM y miembro de Innovando con Ciencia A.C., “... así lo percibo, como la posibilidad de cumplir el sueño que uno tiene de niño o de académico, de cambiar al mundo...el cambio creo que ya está aquí entre nosotros, los que generamos el conocimiento y podríamos contribuir importantemente a cambiar el modelo económico, de uno de generación de maquila y clusters de manufactura -en el mejor de los casos-, a una economía del conocimiento. Los académicos seremos los actores principales en este cambio, con la ayuda de inversionistas y de legisladores y entendiendo que sólo con trabajo de equipo y con multidisciplinariedad, se generará la riqueza que este país tanto necesita.”

Contacto: iolalde@morelos.unam.mx

Referencias

1. Peña, C., (2015), Innovación y emprendimiento de base tecnológica en el Campus Morelos de la UNAM. *Biotecnología en Movimiento*, Núm. 3 (oct-dic), pág. 18-19 (disponible en: bit.ly/1Jwf10K).
2. Roque, R., (2017), Excepción al conflicto de interés: reforma al régimen del conflicto de interés para favorecer la vinculación de los investigadores con el sector productivo. *Biotecnología en Movimiento*, Núm. 8 (ene-mar), pág. 16- 19 (disponible en: bit.ly/1Jwf10K).
3. Medina-Molotla, N., Thorsteinsdóttir, H., Frixione, E., Kuri-Harcuch, W., (2017), Some factors limiting transfer of biotechnology research for health care at Cinvestav: A Mexican scientific center. *Technology in Society*, 48: 1-10.
4. Galindo, E., Serrano-Carreón, L., Gutiérrez, C.R., Balderas-Ruiz K.A., Muñoz-Celaya A.L., Mezo-Villalobos M., Arroyo-Colín J. (2015), Desarrollo histórico y los retos tecnológicos y legales para comercializar *Fungifree AB®*, el primer biofungicida 100 % mexicano. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 18(1):52-60. <http://revistas.unam.mx/index.php/tip/article/view/49815>
5. Galindo, E., Serrano-Carreón, L., C.R. Gutiérrez, C.R., Allende, R., Balderas, K., Patiño, M., Trejo, M., Wong, M.A., Rayo, E., Isauro, D., Jurado, C. (2013), The challenges of introducing a new biofungicide to the market: a case study. *Electronic Journal of Biotechnology*, 16(6). <http://dx.doi.org/10.2225/vol16-issue3-fulltext-6>.
6. Juárez, A., (2016) La transición de México hacia una economía basada en el conocimiento: Retos y oportunidades para la UNAM. *Biotecnología en Movimiento*, Núm. 5 (abr-jun), pág. 12-16 (disponible en: bit.ly/1Jwf10K).

Excepción al conflicto de interés

Reforma al régimen de conflicto de interés para favorecer la vinculación de los investigadores con el sector productivo

Dr. Rodrigo Roque Díaz





Es deseable para la sociedad que el investigador encuentre un estímulo económico en la vinculación, ya que eso significa una mayor transferencia del conocimiento a la sociedad. Y mientras más conocimiento tenga la sociedad, mayor desarrollo económico y bienestar social



Expresamente la Ley dice que los investigadores pueden ser hasta accionistas de las empresas que se utilicen como vehículo para transferir su tecnología

al tecnólogo a seguir aportando conocimiento a la sociedad.

Esta concepción no se tenía antes, al menos con esta claridad. El régimen anterior hacía sólo énfasis en invertir en Ciencia y Tecnología, sin facilitar que el ciclo económico se completara. Ahora, se reorienta la norma para que se estimule la vinculación, el conocimiento genere valor en su apropiación social, y los recursos que se obtengan se constituyan como estímulos para las instituciones y los investigadores. Este ecosistema del conocimiento es benéfico para todos. No se está profanando la ciencia, sino encontrando los mecanismos para estimular que todo funcione bien.

El punto aquí es identificar cómo la reforma a la Ley alcanza a contribuir a este objetivo. Para explicarlo, es necesario insistir que, desde el punto técnico legal, contamos con dos tipos de normas en materia de Ciencia y Tecnología:

1. Los instrumentos de apoyo (previstos en la Ley de Ciencia y Tecnología y con montos fijados en los presupuestos de egresos).

2. Otro tipo de normas, relacionadas directa o indirectamente con la Ciencia y Tecnología, que establecen regulaciones a la actividad científica.

La regulación de este segundo tipo de normas llega a ser muy restrictiva. Es decir, estas reglas, que señalan la manera en que se puede o no llevar a cabo

cierto tipo de actividades relacionadas con el quehacer científico y tecnológico, en ocasiones son injustificadamente costosas o burocráticas, y lo que terminan logrando es establecer trabas y costos administrativos y de cumplimiento muy altos.

Así, para estimular la investigación científica, no sólo necesitamos de los instrumentos de apoyo directo, sino también requerimos eliminar trabas, bloqueos legales y costos de cumplimiento regulatorio. Las reformas de diciembre de 2015 a la Ley de Ciencia y Tecnología y a la Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos se inscriben en este contexto. En primer lugar, estableciendo un régimen flexible en materia de conflicto de interés, y en segundo lugar, aterrizando la política de Estado de fortalecer la vinculación entre la ciencia y la sociedad.

El conflicto de interés no es un tema menor. Tengo la fortuna de formar parte del cuerpo docente del CIDE (Centro de Investigación y Docencia Económica) y, gracias a ello, de participar en el proyecto de la Ley 3 de 3, en el grupo redactor. Uno de los conceptos centrales de la ley 3 de 3 es el del conflicto de interés. 3 de 3 significa la obligación de los funcionarios de presentar tres declaraciones: patrimonial, fiscal y de interés. El conflicto de interés es un regla fundamental en el derecho público, que obliga a los servidores públicos a no recibir beneficios económicos por lo que hacen. Dicho de otra manera, no pueden hacer negocio con el resultado de su trabajo. Ese principio general está bien y todos queremos que se respete. Sin embargo, a nivel internacional se ha aceptado que ese principio no se aplique a los científicos o investigadores. Al contrario, en su caso, lo que queremos es que sí se haga negocio con el producto de su trabajo, que es el conocimiento. Es exactamente lo contrario: es deseable para la sociedad que el investigador encuentre un estímulo económico en la vinculación, ya que eso significa una mayor transferencia del conocimiento a la sociedad. Y mientras más conocimiento tenga la sociedad, mayor desarrollo económico y bienestar social. El paso a la economía del conocimiento, supone una gran vinculación entre la ciencia y los sectores sociales y productivos. Para lograrlo, es necesario establecer los estímulos correctos, entre

los que se encuentra el permitir a los investigadores recibir beneficios por el conocimiento que generan y transfieren.

Queremos que el investigador encuentre un estímulo en la transferencia de su conocimiento. No sólo el estímulo de una satisfacción personal, sino, ¿por qué no?, uno económico. Así, la reforma a la Ley de Responsabilidades de finales de 2015 estableció una regla específica para los investigadores que son servidores públicos federales. Es decir, si uno es servidor público federal, investigador, porque trabajo en una institución del Estado (y esto es relevante, porque el 70 % de la investigación científica la hacen este tipo de investigadores, servidores públicos del estado en este país), a partir de la reforma ya puedo vincularme con el sector privado o social, recibir beneficios económicos, como regalías de una patente, por ejemplo, y eso no va a implicar un conflicto de interés.

Como investigador, recibir recursos económicos por parte de la empresa con la que hay una vinculación, aun siendo servidor público, no implica violar la Ley, porque la misma prevé desde 2015 esa excepción a la regla general del conflicto de interés. El límite es el alineamiento de los intereses del investigador que se vincula con los intereses de la institución a la que pertenece.

Cabe precisar que la nueva ley de responsabilidades rescata este principio. Me refiero a la nueva ley general de responsabilidades administrativas que se emitió con el nuevo régimen anticorrupción, consecuencia, por cierto, de la ley 3 de 3. El régimen del conflicto de interés permanece para funcionarios públicos que no sean investigadores o tecnólogos.

Ahora, la Ley de Ciencia y Tecnología también se modificó, no solo la ley de responsabilidades, para señalar que la vinculación es una política de Estado y para establecer reglas claras para su impulso. No tengamos ya ninguna duda: tenemos que vincularnos, debemos encontrar los mecanismos adecuados para vincularnos. Con el nuevo régimen, se eliminan restricciones, se establecen mecanismos de impulso a la vinculación, se precisan conceptos, etc. Por ejemplo, expresamente la Ley dice que los investigadores pueden ser hasta accionistas de las empresas que se utilicen como vehículo para transferir su tecnología.

Si el estímulo a la vinculación y la innovación son dos políticas de Estado fundamentales, hemos logrado - a través de estas reformas- un paso significativo para alcanzar sus objetivos.

¿Qué falta desde el punto de vista normativo? Muchas otras cosas. Por ejemplo, existe un proyecto que presentó el Senador Alejandro Tello, para modificar la Ley de Ciencia y Tecnología para facilitar la importación de insumos para la investigación científica. La idea es mejorar la regulación que se aplica a las importaciones, cuando éstas tienen una finalidad científica: supongamos que se está desarrollando un proyecto de investigación, como los que se hacen en la UNAM y en otras instituciones académicas, y se tiene que importar un isótopo radioactivo, porque aquí en México no se hace. Supongamos también que debe importarse de EUA, porque allá sí se hace. Como es material radioactivo, se aplica la Ley de Energía Nuclear, que establece requisitos de importación. Por lo tanto, para obtener el permiso o autorización previa de importación, hay que acudir a la Secretaría de Energía y hacer el trámite. En ocasiones, este tipo de trámites son muy tardados y burocráticos. Llegan a tardar semanas o meses. Por lo tanto, el proyecto de investigación científica se detiene ese tiempo o más. Y esto ocurre en otras materias como las de control sanitario, zoonosanitario, ambiental, etcétera. La reforma propuesta en el Senado, no busca eliminar los controles en frontera, que son deseables, sino de simplificarlos cuando se trata de importación de insumos para la investigación.

Este tema no es menor. Funcionarios de la UNAM me indicaron en su momento, cuando ayudé al Senador a elaborar el proyecto de ley, que el 30 % de los costos de los proyectos de investigación científica tiene que ver con costos de importación, directos o indirectos, que se tienen que pagar innecesariamente. Con una reforma pequeña, de simplificación administrativa, se puede ahorrar al país varios miles de millones de pesos al año.

Ese es el trabajo que debemos seguir haciendo, en los temas científicos y tecnológicos, desde el punto de vista legal. Ajustar nuestro marco legal para hacer del conocimiento el motor de cambio del México del Siglo XXI.

Contacto: roquediaz.rodrigo@gmail.com



A partir de la reforma ya puedo vincularme con el sector privado o social, recibir beneficios económicos, como regalías de una patente, por ejemplo, y eso no va a implicar un conflicto de interés.

1. Decreto por el que se reforman diversas disposiciones de la Ley de Ciencia y Tecnología y de La Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los servidores públicos. Diario Oficial de la Federación, 8 de diciembre del 2015, Primera sección, pág 78-79.

2. Hernández-Mondragón, C., Kuri-Harcuch, W., (2016), El cambio legislativo en México para incentivar el desarrollo de empresas de base tecnológica provenientes de la investigación científica. *Biociencia en Movimiento*, Núm. 7 (oct-dic), pág. 14-17 (disponible en: bit.ly/1Jwf10K).

El Dr. Rodrigo Roque es asesor legal del Foro Consultivo Científico Tecnológico y socio del Despacho Lozano Gracia Abogados, S.C.



Sección a cargo de José Luis Reyes (jlreyes@ibt.unam.mx)

En el IBt se imparten anualmente alrededor de 25 cursos, tanto básicos como diferentes "tópicos selectos," para estudiantes de posgrado. Los tópicos selectos están siempre relacionados con temas de vanguardia y tienen la finalidad de mantener a

nuestra comunidad estudiantil actualizada en la frontera de los temas científicos y tecnológicos.

En esta sección se describe brevemente el contenido de algunos de estos cursos.

Entendiendo a aquellos que silencian información genética: los ARN pequeños

Dr. José Luis Reyes Taboada

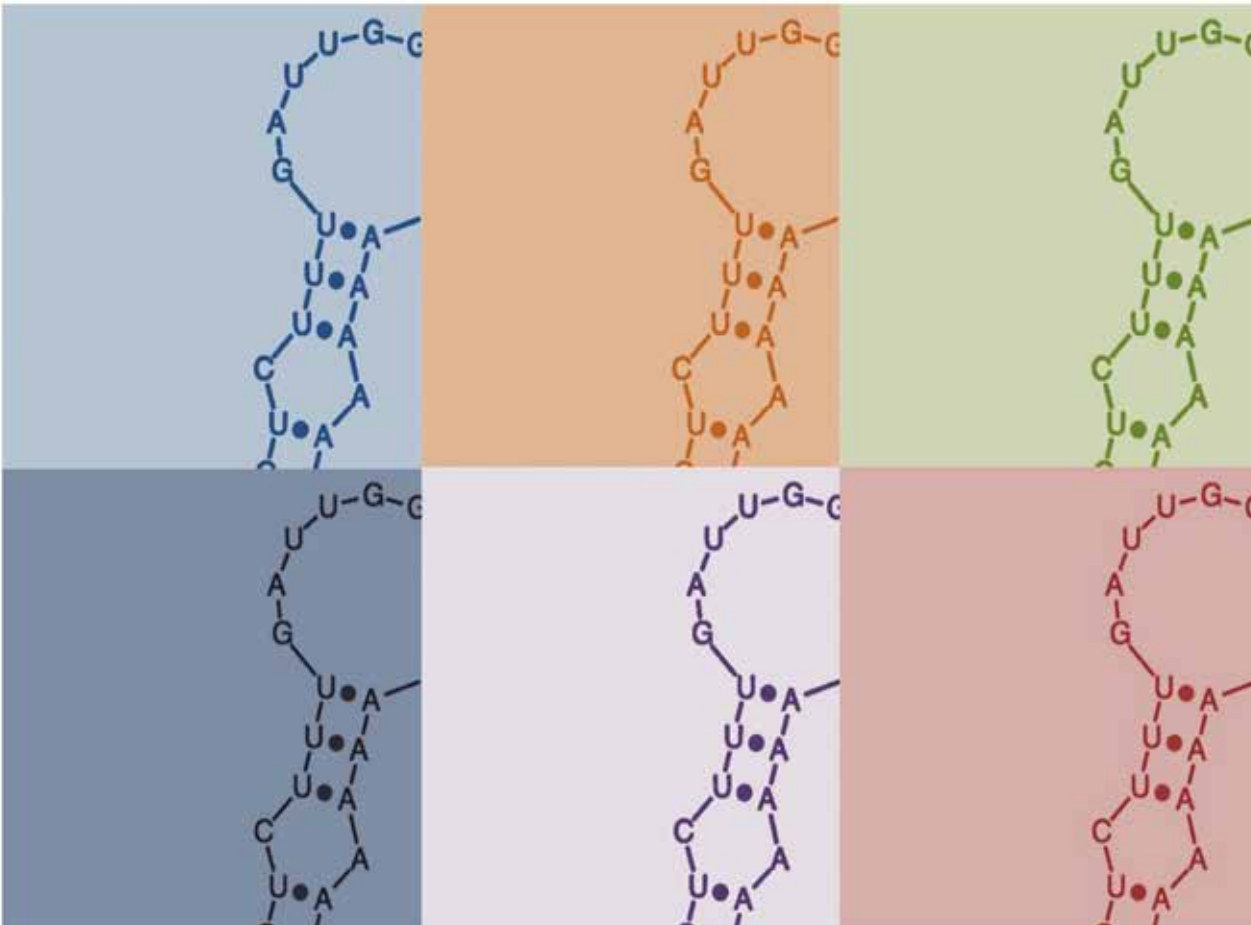
Los seres vivos mantienen la información necesaria para su desarrollo y crecimiento en forma de ácido desoxirribonucleico (ADN), el material genético que se encuentra en el núcleo de las células. Esta información debe ser transmitida al resto de la célula para llevar a cabo sus funciones, tarea que generalmente llevan a cabo las proteínas. La comunicación entre ADN y las proteínas está mediada por el ácido ribonucleico (ARN), que actúa como intermediario o mensajero de la información codificada en el núcleo de la célula y que después es "traducida" para formar proteínas (ADN→ARN→PROTEÍNA). Por ésta y varias razones, el ARN tiene un lugar muy importante en las diversas funciones de la célula. Se ha planteado que desde el mismísimo origen de la vida, el ARN ha estado involucrado en las actividades básicas celulares y aún hoy en día seguimos encontrado nuevas vías de regulación y mecanismos moleculares donde



Escultura y fotografía Babel IV Ernesto Ríos Lanz

el ARN tiene un papel protagonista. En el IBt se imparte un curso sobre ARNs pequeños que ofrece una visión general sobre algunos de estos mecanismos, resaltando los descubrimientos más recientes en el área de la regulación de la expresión génica (esto es, de cómo se "prenden" y "apagan" los múltiples genes que un organismo contiene).

Una de las facetas del ARN, descubierta en años recientes, es el mecanismo de regulación de la expresión de los genes conocido como "silenciamiento por ARN". Durante el desarrollo de un organismo, diversos grupos celulares deben reproducirse y adquirir características específicas que les llevan a desempeñar funciones determinadas (diferenciación celular), y en este proceso el silenciamiento por ARN juega un rol fundamental. El silenciamiento por ARN también participa en la defensa antiviral, en el ordenamiento adecuado del material genético dentro del núcleo celu-



Estructura secundaria de una parte del ARN largo que no posee información para producir una proteína (ARN no codificante), a partir del que se genera el microARN denominado miR398a de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

lar, etc., tanto en plantas como en animales. El mal funcionamiento del silenciamiento por ARN puede entonces generar problemas en el desarrollo de estos organismos. Recientemente se le ha involucrado, incluso, en distintas enfermedades como el cáncer.

Recordemos la cronología de los eventos que llevan a la producción de una proteína: a partir de la secuencia de nucleótidos de un fragmento funcional de ADN (gen) se transcribe la información a una molécula de ARN, que será traducida a una secuencia de aminoácidos unidos entre ellos formando una proteína. La principal propiedad del silenciamiento por ARN recae en la producción de ARNs pequeños (de tan sólo 21 a 24 nucleótidos o unidades formadoras de material genético), que son utilizados para dirigir el reconocimiento de algún ARN celular, unírsele por complementariedad (como una llave en su cerradura), y en consecuencia "apagar", o en otras palabras, silenciar la

expresión del gen del que el ARN proviene, lo cual puede alterar el funcionamiento de la célula donde esto ocurra.

Algunos de estos ARNs pequeños son conocidos como siARNs (del inglés, *small interfering RNAs*, ARNs de interferencia), y generalmente son producidos a partir de moléculas de ARN invasoras (como virus), mientras que otros, los llamados microARNs, son producidos por la propia célula animal o vegetal. En conjunto, pueden actuar silenciando la expresión de algunos genes como mecanismo de defensa ante agentes exógenos. En otros casos inhiben la acumulación de uno o varios ARNs celulares y de esta forma regulan las actividades de diferentes proteínas dentro de la célula que pueden participar en varias etapas del desarrollo del organismo en cuestión, por ejemplo, durante la diferenciación celular que es el proceso mediante el cual una célula precursora se convierte en otro tipo celular con

funciones más especializadas, que puede incluir además, cambios morfológicos.

El estudio de estos ARNs pequeños ha permitido, además, descubrir nuevos mecanismos basados en ARN, pero que en este caso incluyen a ARNs largos que no habían sido descubiertos antes. Este es un campo que apenas estamos empezando a comprender y forma parte de los temas que se abordan en el curso, con el objetivo de expandir nuestro entendimiento de los procesos regulados por moléculas de ARN, grandes y chicas.

Los temas del curso sobre ARNs pequeños se actualizan constantemente, lo que permite a los estudiantes estar a la vanguardia del conocimiento en ésta, tan relevante área. El curso se ofrece una vez al año en el semestre de otoño, a estudiantes de maestría y doctorado de nuestros programas de posgrado. El curso cuenta con la presencia de profesores invitados nacionales e internacionales.

Contacto: jlreyes@ibt.unam.mx



El silenciamiento por ARN también participa en la defensa antiviral, en el ordenamiento adecuado del material genético dentro del núcleo celular, etc., tanto en plantas como en animales

El coordinador del curso es el Dr. José Luis Reyes



Sección a cargo de M. en C. Joaquín Ramírez Ramírez (joako@ibt.unam.mx)

El transcurrir del tiempo ha dejado en cada miembro de nuestra comunidad, vivencias y emociones que, compartidas, nos permiten echar una mirada a la percepción de los eventos que

han escrito la historia del IBt. Esta sección pretende divulgar experiencias de interés general de los miembros de nuestra comunidad.

El estilo femenino en el liderazgo de la ciencia

M. en C. Joaquín Ramírez Ramírez

Es el primer día de tu vida como investigadora. Conoces el método científico y tienes una buena pregunta de investigación para empezar tu carrera. Sales de tu nuevo cubículo para hacer el primer experimento. Pero te das cuenta de que no tienes estudiantes, reactivos ni pipetas, sólo un matraz empolvado que compraste una vez en la licenciatura para reponer el que rompiste. Te enfrentas a una nueva realidad: escribir peticiones de donativos, administrar los recursos, dirigir tesis, resolver los conflictos internos y motivar al grupo. Requieres ciertas habilidades que no necesariamente adquiriste durante tu formación académica. Ahora debes convertirte en una líder.

De acuerdo con una guía elaborada por el *Howard Hughes Medical Institute* y el *Burroughs Wellcome Fund*, el liderazgo es lograr que la gente visualice las metas que se deben alcanzar. Esto implica primero tener una visión y poder interaccionar con las personas para lograr un objetivo en común.

La visión del líder surge a partir de una motivación esencial. Como diría la doctora Claudia Treviño, investigadora del consorcio de fisiología del espermatozoide en el IBt: “para ser un líder no se debe olvidar la motivación principal de hacer ciencia, que es conocer cómo funciona la naturaleza, encontrar la verdad”.

La interacción con las personas puede ser complicada, pues cada cabeza es un mundo y es difícil empatar las personalidades. “Un líder debe tener facilidad de comunicación de una manera no autoritaria, deja que florezcan las habilidades de cada persona y sobre todo, debe ser empáti-

co. El miedo sólo funciona a corto plazo”, dice la doctora Liliana Pardo, investigadora del IBt que actualmente trabaja en un megaproyecto dirigido al estudio de las bacterias del Golfo de México y su potencial biotecnológico (ver *Biotecnología en Movimiento* No. 7, pág. 29), donde coordina a un grupo de 30 investigadores.

Al agua, pato

¿El liderazgo se puede aprender? La doctora Claudia Martínez, quien investiga en el IBt la función de las enzimas llamadas “expansinas” (ver *Biotecnología en Movimiento* No. 1, pág. 6), tanto bacterianas como de plantas, tuvo que enfrentarse a un nuevo reto cuando llegó de posdoc a otro laboratorio: dirigir un grupo de investigación. Renunció a su trabajo anterior en busca de mayor independencia. Como era la única contratada para realizar al cien por ciento tareas de investigación, tuvo la responsabilidad de coordinar los proyectos de los estudiantes. Esto implicó dirigirlos, contribuir a la escritura de los artículos y ayudarlos en las cuestiones técnicas; así aprendió a manejar un laboratorio.

También se puede aprender viendo cómo ejercen su liderazgo otras personas. “Tuve una figura de liderazgo en mi tutor de licenciatura”, dice la doctora Isabel Gómez, investigadora del IBt, cuya pasión es estudiar las interacciones de las toxinas insecticidas de *Bacillus thuringiensis* con los receptores de los insectos. “Era metódico, ordenado, sistemático. Al inicio de la semana se reunía con nosotros para planear el trabajo, plantear objetivos y distribuir el tiempo para

“Un líder debe tener facilidad de comunicación de una manera no autoritaria, deja que florezcan las habilidades de cada persona y sobre todo, debe ser empático”

aprovecharlo. Aprendí a tratar a las personas al ver cómo mi jefe se comportaba con los otros estudiantes. Nunca mandaba. Era más bien una organización horizontal, no vertical. Había una convivencia super *padre*. No hay una materia donde se aprenda todo eso: te vas formando con las experiencias”.

El liderazgo se puede buscar. La doctora Gloria Saab, jefa del departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis del IBt, comenzó a escribir peticiones de donativos por iniciativa propia cuando recién se integró como investigadora en el laboratorio del doctor Xavier Soberón. Tras realizar su doctorado en Estados Unidos, trata de aplicar la filosofía de trabajo en su grupo. “Allá, el estudiante es responsable de su propio aprendizaje y de resolver sus propios asuntos”, dice.

Laura Palomares, jefa del laboratorio de bioprocesos y nanobiotecnología del IBt, lo tiene muy claro: “Comienzas a ser un líder cuando te das cuenta de que nadie va a resolver los problemas por tí. Hay que apropiarse de las cosas; eso te hace tomar acciones. Para mí hay dos tipos de personas: los líderes, que resuelven problemas, y los antilíderes, que los crean”. En esta misma filosofía, la doctora Clarita Olvera, del IBt y quien es especialista en la síntesis enzimática de polímeros biocompatibles, le dice a sus estudiantes: “No existe el 'no me sale'. Tienes que buscar la forma de que sí salgan las cosas. Dime cómo sí se puede. Tienes que dejar de ver sólo dentro de la caja”.

Echando cuentas

Una parte fundamental del liderazgo es hacer un uso eficiente de los recursos. Obtener donativos para realizar tu proyecto de investigación puede ser complicado, especialmente si cada año hay recortes al presupuesto. “Para administrar los recursos siempre pienso que el próximo año será de vacas flacas”, dice Laura Palomares. Con la práctica se vuelve cada vez más fácil escribir las solicitudes. “Es por eso que es importante escribir una buena tesis”, dice Isabel Gómez. Así aprendes a vender tus ideas.

La doctora Marcela Ayala, experta en biocatálisis redox en el IBt, se sumergió en el mundo administrativo durante su transición de estudiante hacia líder académico. Se percató de cuánto cuestan las cosas, cuánto cuesta su tiempo de trabajo y cuánto le cuesta al país. “Si hiciéramos el cálculo de cuánto dinero se gasta en realizar una tesis, nos echaríamos para atrás”. Comenta en relación a los considerables recursos involucrados en el desarrollo de una tesis.

¿Cómo puede un líder hacer un uso eficiente de los recursos? La clave parece estar en una buena planeación y mucha creatividad. “Para sortear las dificultades, hay que organizarse y priorizar. Uno trabaja más de ocho o diez horas al día”, dice la doctora Alejandra Covarrubias del Departamento de Biología Molecular de Plantas del IBt, quien investiga los mecanismos moleculares



“Hay que hacer sentir a las personas parte del grupo. Cuando logras eso, las personas dan de sí más de lo que te puedes imaginar”

Ven y conoce el
Aracnario
del IBt

El IBt cuenta con un aracnario donde se pueden admirar diferentes especímenes de estos interesantes animales, en condiciones de completa seguridad, Manipulados por su curadora, la M. en B. *Herlinda Clément*.

Se reciben (previa cita) visitas del público, preferentemente de jóvenes y niños a partir de nivel preescolar.

Contacto:
linda@ibt.unam.mx



de las plantas para contender con la limitación de agua. “A pesar de que a veces los recursos son escasos, somos muy buenos en México para hacerlos rendir y así cumplir con los objetivos”.

Manejar los recursos es indispensable, pero puede llegar a ser muy engorroso. Las investigadoras consideran que si dedicaran menos energía a la gestión y administración de recursos, podrían disfrutar mucho más la fundamental tarea de hacer ciencia, enseñar y dirigir a sus estudiantes.

Aceitar los engranes

Las piezas deben estar en su lugar y todas deben girar en el mismo sentido para que la maquinaria funcione. De vez en cuando (o tal vez más frecuente de lo que parece) es necesario echar aceite para que todo siga marchando. Ya no se trata sólo de trabajar con bacterias y proteínas, sino también con personas. Esta tarea requiere de otras habilidades.

Cada investigadora tiene una forma diferente de manejar su grupo y motivarlo. Por ejemplo, Claudia Martínez transmite a sus estudiantes la emoción que siente por su campo de investigación, y trata de ser muy positiva, algo que aprendió en parte de los ingleses. Gloria Saab tiene reuniones semanales con sus alumnos para discutir artículos novedosos sobre plegamiento de proteínas y viajar juntos a la vanguardia del conocimiento.

Los experimentos no siempre marchan bien. Marcela Ayala dice que cuando se presenta un problema con el proyecto del estudiante, lo motiva a que lea más, que busque otros enfoques. “Los problemas bien manejados pueden llevar a grandes aprendizajes”, añade. Alejandra Covarrubias siempre les pregunta a sus estudiantes cuando empiezan su investigación: ¿están convencidos de que les apasiona su proyecto? Cuando el entusiasmo va a la baja, les hace la misma pregunta. Es una tarea constante.

Para que los estudiantes desarrollen su máximo potencial es necesario que haya un buen ambiente de trabajo. Esto implica que no haya conflictos internos o que estos se resuelvan de manera civilizada. El papel del líder es fundamental. “Un atributo esencial de un líder es el autocontrol: mantener la calma, entender a los demás y no tomar decisiones precipitadas en el momento de crisis. Hay que meditar las cosas”, dice Claudia Treviño. Para Isabel Gómez, el punto es ser incluyentes. “Hay que respetar el trabajo de todos; todos son importantes. Si no, surgen las envidias. Con las ideas de todos se enriquece el trabajo”.

La empatía es lo más importante para dirigir un equipo, dice Clarita Olvera. “Hay que hacer



sentir a las personas parte del grupo. Cuando logras eso, las personas dan de sí más de lo que te puedes imaginar”.

Líderes, a pesar de todo

Sólo cuatro mujeres han recibido un premio Nobel en el área de ciencia. Esto puede deberse a que históricamente las mujeres participaron en la ciencia de manera más tardía. Lo que es cierto, es que durante mucho tiempo las sociedades científicas (y las que entregan premios) han sido dominadas por los hombres.

En México, no hace mucho que todavía era raro ver a mujeres en carreras científicas. “Quería estudiar Química, pero en mi familia me dijeron que era una carrera para hombres”, dice Isabel Gómez. Por su parte, Gloria Saab dice que al elegir una carrera científica no tenía altas expectativas, incluso en su familia hubo resistencia, pero con el tiempo se dio cuenta de que a pesar de los obstáculos pudo ir cumpliendo con sus metas. Para esto, el apoyo de su pareja ha sido fundamental. Él es de formación científica y Gloria cree que esto contribuyó a que comprendiera mejor sus aspiraciones y apoyarla.

Los tiempos están cambiando y cada vez más las mujeres tienen un papel más preponderante en el quehacer científico. Tan sólo en el Instituto de Biotecnología, podemos ver mujeres con importantes responsabilidades: jefas de departamento, coordinadora de docencia, editora de la revista, miembros del Consejo Interno.

Sólo así, con líderes en los lugares donde se toman las decisiones se puede balancear el papel de la mujer con el del hombre en la ciencia. Claudia Treviño concluye con determinación: “Nadie te da el liderazgo: hay que tomarlo. Ves la oportunidad y la tomas”.

Contacto: joako@ibt.unam.mx

“Comienzas a ser un líder cuando te das cuenta de que nadie va a resolver los problemas por tí. Hay que apropiarse de las cosas; eso te hace tomar acciones. Para mí hay dos tipos de personas: los líderes, que resuelven problemas, y los antilíderes, que los crean”

Yo
Respaldo
la
igualdad
de género

#UNAMteRespalda



Sección a cargo de Enrique Reynaud (enrique@ibt.unam.mx)

La observación es un acto fundamental de la conciencia y es la acción la que mueve la propela de la creatividad. Así científicos-artistas o artistas-científicos se interesan en los aspectos de la vida en los que se busca, se experimenta y se revalora la

vida misma. Esta sección recibe colaboraciones de miembros de la comunidad del IBt e invitados, interesados en compartir sus lecturas e intereses en la ciencia y la cultura.

El estrés en la infancia puede dejar huellas que perduran hasta la vida adulta

Dra. Lorraine Jaimes-Hoy



*“El porvenir de un hijo es siempre obra de su madre”
(Napoleón I)*

La infancia, ¿recuerdas qué etapa tan maravillosa... y vulnerable? Seguramente has escuchado decir que las primeras experiencias que vivimos de niños pueden marcarnos de por vida, e influir en las decisiones y rumbo que tomamos como adultos, pero ¿sabías que también pueden cambiar la forma en que funcionan las células de tu cuerpo, llevándote a la enfermedad? El entorno (familiar, escolar, social) en el que crece un niño, determina en gran medida cómo se va a desarrollar su organismo y su cerebro durante los primeros años de vida, e inclusive puede moldear su personalidad. Por ejemplo, una mala alimentación, experiencias traumáticas, o un ambiente familiar inadecuado (abuso físico y/o emocional, rechazo de los padres o deficiencia en el cuidado materno), son factores ambientales que pueden contribuir a una dismi-

nución de la memoria y del aprendizaje, y a que de adulto seas más propenso a tener episodios de depresión, ansiedad e inclusive a desarrollar enfermedades crónicas como la obesidad, diabetes y enfermedades del corazón. Sin embargo, ¿cómo puede afectar tu salud el medio ambiente que te rodea? La alimentación, toxinas, estrés o el consumo de tabaco, por ejemplo, y las experiencias de vida (buenas y malas) pueden prender (expresar) o apagar (silenciar) tus genes. Los genes son las unidades que almacenan la información de cómo deben funcionar las células de tu cuerpo. La expresión de los genes dicta qué proteínas se producen y, dependiendo de qué genes se prendan o apaguen, y del órgano o tejido del cuerpo donde esto suceda, pueden aparecer distintos tipos de enfermedades o, por el contrario, ser más resistente a desarrollarlas.



La separación de las crías de su madre disminuye el cuidado materno.

Mayor ansiedad
Mayor ganancia de peso
Mayor acumulación de grasa

Todavía más interesante

es el hecho de que una buena dosis de amor de mamá, puede influir en que uno o varios genes se prendan o apaguen en el cerebro del bebé, alterando la producción de proteínas en él, provocando que en etapas posteriores e inclusive de adulto, seas menos ansioso o miedoso. Este tema nos interesó y nos dimos a la tarea de estudiarlo, pero usando un "modelo biológico" más fácil de estudiar: las ratas.

¿Cómo estudiar los efectos que tiene el cuidado materno en las ratas? Cuando una rata es una buena mamá, lame y asea a sus crías, además, se coloca en una posición con la espalda arqueada, lo que le permite amamantar adecuadamente a todas las crías. Nosotros utilizamos un método llamado "separación materna", que consiste precisamente en separar a las crías de su mamá, tres horas diarias, durante las tres primeras semanas de vida, que es el tiempo que dura la lactancia. Esto conlleva a que la mamá se estrese, aumentando su ansiedad y, como consecuencia, disminuye la cantidad de atenciones (como el lamer y aseo) hacia sus crías. Estas deficiencias en el cuidado materno, ocasionan que las ratitas (inclusive de adultas) sean más ansiosas cuando son expuestas a un entorno que no les es familiar, debido a que aumenta la producción de un mensajero químico (u hormona) llamado corticosterona. Incluso, observamos efectos sobre el peso: las ratitas cuando ya son adultas pesan más y acumulan mayor grasa comparado con las ratas que nunca fueron separadas de su mamá. También se ve afectado un sistema hormonal encargado de regular la cantidad de calorías que

se "queman" (metabolizan) diariamente y de que el cuerpo genere calor durante la exposición al frío. Este sistema se encarga de producir las hormonas de la glándula tiroideas (hormonas tiroideas). La producción de hormonas tiroideas es controlada por la hormona liberadora de tirotropina (conocida como TRH) producida en una zona del cerebro (hipotálamo) encargada de regular el peso corporal y la cantidad de alimento que se consume día a



Hipotálamo

Aumenta la expresión del gen de la hormona TRH

día. La separación materna en las ratas produce que se exprese (prenda) el gen de la TRH en la adolescencia, y así se mantiene hasta la adultez. Otra función muy importante que tiene este sistema hormonal, es la de contribuir a conservar energía en periodos de hambruna, como por ejemplo cuando estás a dieta. Esto se logra al disminuir la producción de hormonas tiroideas y es un mecanismo de adaptación que tiene el cuerpo ante la disminución del consumo de alimentos. Este mecanismo también se ve afectado en las ratas adultas que tuvieron separación materna durante la etapa de la lactancia.

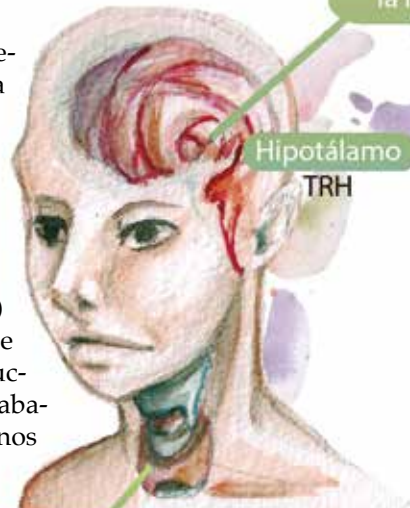
Nuestra investigación demuestra que la conducta de las ratas mamás hacia sus crías durante la etapa de la lactancia, influye en la forma en que las crías reaccionen a un estrés cuando son adultas (entorno novedoso, ayuno) cambiando la expresión de distintos genes y la producción de hormonas. Los trabajos realizados en ratas nos están enseñando cómo las experiencias en la infancia (buenas y malas) pueden dejar una huella que perdura hasta la vida adulta, enfatizando la importancia de cuidar, querer y proteger a la infancia. Así es que ¡a dar mucho amor a los niños!

Contacto: ljajimes@ibt.unam.mx

Los trabajos realizados en ratas nos están enseñando cómo las experiencias en la infancia (buenas y malas) pueden dejar una huella que perdura hasta la vida adulta, enfatizando la importancia de cuidar, querer y proteger a la infancia.



Regulación de la expresión del gen de la hormona TRH



Hipotálamo
TRH

Aumenta la producción de hormonas tiroideas

Aumenta el gasto calórico y la generación de calor ante un ambiente frío



EL
META
GENOMA

DEL TACO

M. en C. Verónica Jiménez Jacinto, Dra. Alejandra Escobar Zepeda,
Dra. Ernestina Godoy, Dra. Leticia Vega Alvarado, M. en C. Jerome Verleyen,
Lic., Karel Estrada, Dr. Alejandro Sánchez-Flores





Sección a cargo de Georgina Ponce (geop@ibt.unam.mx)

El trabajo científico, incluyendo el biotecnológico, están en una muy dinámica evolución, un tema lleva a otro, y así, se concatenan para formar una red de conocimiento que sos-

tiene el pensamiento sistemático. En esta sección se presentan temas actuales de interés general.

¿Quién no ha probado un taco? El taco fue la solución prehispánica que brindaron las mujeres mexicas para hacer el “itacate”, para que sus maridos llevaran la comida a su trabajo. El taco es uno de los platillos de comida rápida más importantes de la gastronomía de México, debido quizá a la facilidad de prepararlo y transportarlo. Un taco, para ser taco, requiere como ingrediente imprescindible una tortilla de harina de maíz o trigo que envuelve su contenido: desde unos granos de sal, un pedazo de carne asada o hasta un sofisticado guiso, como el mole.

En cualquier ciudad o poblado de México es posible encontrar un negocio de tacos donde satisfacer el antojo primigenio del mexicano, pese al potencial riesgo de consumir alimentos mal manejados que puedan albergar patógenos, o bien, carne de dudosa procedencia. Mucha gente asegura que comer un taco en la calle puede ser de alto riesgo por la falta de higiene de quien los prepara. Por lo tanto, mientras se degusta un delicioso taco en cualquier esquina, siempre asalta la duda de qué es exactamente lo que estamos comiendo.

El ADN contiene toda la información de un organismo

Todos los componentes orgánicos de un taco provienen de organismos vivos de los que podemos extraer su ácido desoxirribonucleico (ADN). El ADN es una doble cadena formada por la combinación de cuatro bloques (bases nucleotídicas): Adenina, Guanina, Timina y Citosina, que se re-



Fotografía: Adalberto Rios Szalay

presentan con las letras A, G, T y C, respectivamente. El orden en que se encuentran estos cuatro bloques en las cadenas de ADN determinan la forma y funciones del organismo que lo posee. Es decir, cualquier organismo, como las bacterias, gusanos, plantas y animales, tienen toda su información genética contenida en el mismo tipo de molécula: el ADN. Esta molécula contiene las indicaciones precisas para la generación de cada uno de los elementos moleculares estructurales y funcionales necesarios para la constitución de sus células. La secuencia de los cuatro bloques básicos, constituidos en genes, a su vez organizados en cromosomas de número variable según la especie, es decir, las secuencias que contienen toda la información genética de un organismo para llevar a cabo distintas funciones celulares, se le conoce como **genoma**, mismo que puede derivar en características y funciones (fenotipos) muy distintos.



No somos conscientes de la gran cantidad de bacterias y virus inofensivos (la mayor parte de las veces) que están presentes en un apetitoso taco placero. Otra sorpresa es suponer que la carne es de res o de puerco (de acuerdo al taquero) y bajo un escrutinio genómico puede resultar de... otro animal!

La metagenómica

Durante el presente siglo, se han desarrollado metodologías de secuenciación masiva de ADN que nos permiten determinar con una alta confiabilidad la naturaleza del organismo del que proviene dicho material genético. Cuando la muestra es tomada de un sólo organismo, se identifica únicamente ADN de este, pero cuando analizamos un ambiente complejo (como un taco), se espera encontrar ADN de más de un organismo. Por ejemplo, en un trozo de queso conviven muchas bacterias diferentes por gramo. La metagenómica, proporciona estrategias que permiten estudiar y analizar los millones de secuencias provenientes de todos los genomas de los organismos que se encuentran en una muestra. Actualmente existen muchos proyectos de gran trascendencia dentro del área de la metagenómica y en este texto se pretende dar una visión de este proceso: supondremos que el objetivo es descifrar los ingredientes de un taco, no sólo los que se ven a simple vista, sino también aquellos microorganismos que, de manera natural o por descuidos en la cadena de producción, lo conforman. Por medio de la metagenómica, es posible detectar con certeza, la naturaleza del material genético de los organismos presentes en la muestra, y en el caso de los alimentos, más allá de lo que se puede identificar por medio del gusto (como la cebolla, el cilantro o la carne). Para los comensales, puede resultar decepcionante saber que los alimentos, pueden contener microorganismos patógenos (como *Salmonella*) que cuando pasan por el tracto gastrointestinal sin

ser destruídos, pueden generar desde un ligero dolor estomacal hasta una infección muy aguda. Normalmente, no somos conscientes de la gran cantidad de bacterias y virus inofensivos (la mayor parte de las veces) que están presentes en un apetitoso taco placero. Otra sorpresa es suponer que la carne es de res o de puerco (de acuerdo al taquero) y bajo un escrutinio genómico puede resultar de... otro animal!

La Bioinformática

El análisis metagenómico requiere del apoyo de las ciencias computacionales. El uso de la Informática aplicada a la Biología se le conoce como Bioinformática y sus componentes son: 1) El desarrollo de algoritmos (programas) computacionales para el análisis de información biológica, como las miles de secuencias de biomoléculas como el ADN, el ARN o de las proteínas, búsqueda de patrones o secuencias comunes en diferentes especies, comparación o agrupamiento de secuencias con el fin de asignar funciones o propiedades, (sobre todo cuando no han sido previamente descritas). Esto se hace en base al parecido con las secuencias reportadas en las bases de datos y de las que conocemos la función, 2) El uso de computadoras conectadas entre sí, que potencian su capacidad y velocidad y que son conocidas como *clusters* (agrupación en español), y 3) Personal con una formación multidisciplinaria que le permita manejar las computadoras y los algoritmos para aplicarlos en el análisis e interpretación de los numerosos datos biológicos.



Figura 1

En el caso específico de los análisis metagenómicos, la bioinformática ayuda a hacer reconstrucciones o ensamblajes de las secuencias extraídas de las muestras de ADN, para luego hacer búsquedas masivas en grandes bases de datos donde se encuentra depositada toda la información disponible hasta el momento y finalmente determinar su función por similitud a lo ya descrito, tomando en cuenta ciertos valores estadísticos de confiabilidad.

El Centro Nacional para la Información de Biotecnología o NCBI por sus siglas en inglés (*National Center for Biotechnology Information*) tiene disponibles vía web más de 20 bases de datos con información biomédica y genómica que se puede consultar libremente. La información genómica de los organismos es proporcionada en varios formatos, la mayoría de tipo texto, que contiene las secuencias de ADN en términos de los 4 nucleótidos o bloques básicos del ADN (ATGC), así como información asociada a dichas secuencias, como son su función o su origen. El NCBI también ofrece herramientas bioinformáticas para llevar a cabo búsquedas de secuencias al comparar una secuencia de entrada contra todas las existentes, para determinar el origen o mayor similitud con lo reportado.

Y ¿cómo hacemos un análisis metagenómico?

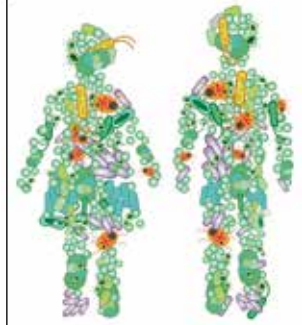
Aunque es posible obtener ADN de un alimento cocinado, es más fácil obtenerlo de los ingredientes crudos en los que las células aún se encuentran íntegras, protegiendo el material genético que contienen. Las muestras extraídas de los

ingredientes de un taco pueden ser preparadas para utilizar una de las múltiples tecnologías actuales para secuenciar fragmentos de ADN, que en términos generales pueden producir millones de secuencias en forma de archivos digitales de texto. Algunos ejemplos de secuencias reales que sirven para identificar organismos se encuentran en (<http://uuab.unam.mx/Metagenoma.html#AnexoI>).

Entonces, un taco, a nivel genómico, luciría como se muestra en la Figura 1.

En un análisis real, es posible reconstruir estas secuencias como resultado de un proceso bioinformático de ensamble, para tratar de obtener fragmentos de ADN lo más grandes posibles. Estos fragmentos reconstruidos, se comparan contra bases de datos como las de NCBI, usando programas como uno muy popular entre los científicos y que se llama *Blast*. La idea es encontrar “palabras” que correspondan a un organismo con el que se tenga mayor parecido. Estas “palabras” son en realidad los genes que codifican las proteínas que conforman a cada uno de los organismos en cuestión.

En algunas actividades de divulgación científica que desarrollamos con el público en general, analizamos los ingredientes de un taco. Se hizo una representación reducida de una base de datos genómica, a la que llamaremos “toy” (<http://uuab.unam.mx/Metagenoma.html#AnexoII>), usando cuatro cajas de plástico donde se almacenaron las secuencias representativas de varios organismos vivos de acuerdo con su primer nucleótido (A, T, G o C), tal como se ejemplifica en la Figura 2.



Fue una buena oportunidad para cambiar el paradigma de que las bacterias son sinónimo de enfermedades y que, en realidad, nosotros mismos tenemos una gran cantidad de microorganismos asociados a nuestro organismo y de vital importancia para mantenernos sanos

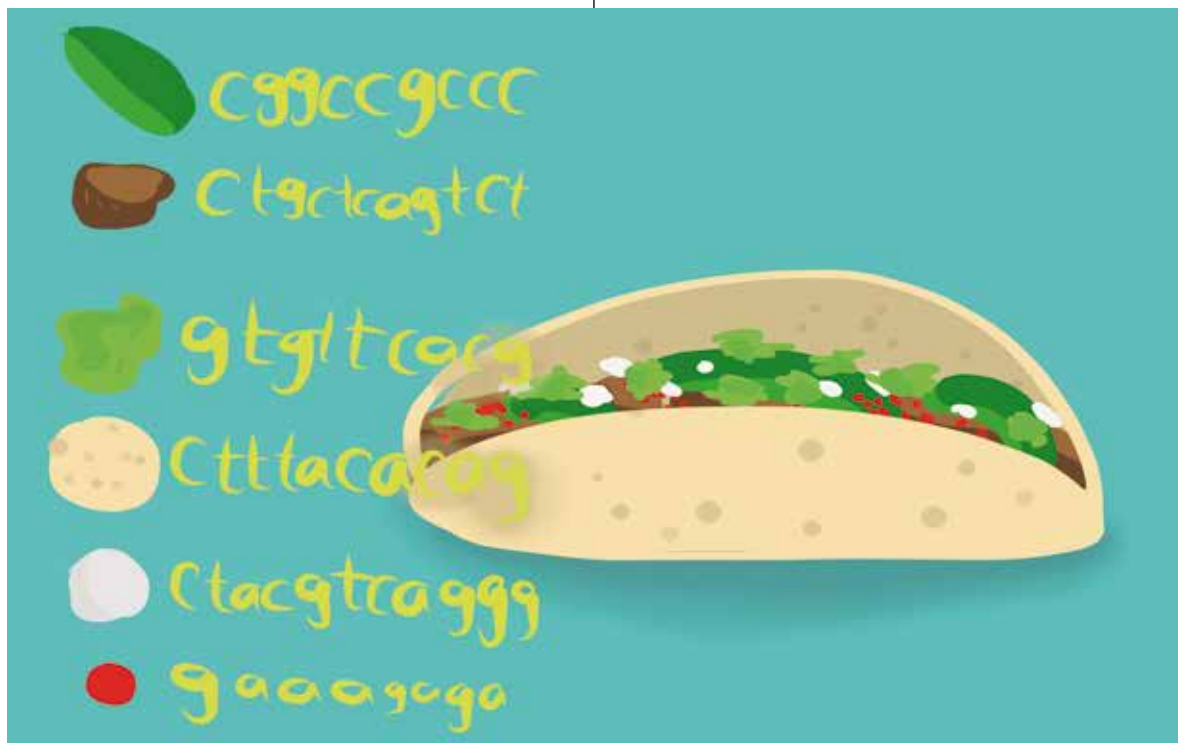














Figura 2

Se busca a qué organismo pertenecen las secuencias de ADN presentes en el "taco"

A	
	Cebolla (<i>Allium cepa</i>) aagaatttcgttctgtgaaccgaagaatcaacattg
	Orangután (<i>Pongo pygmaeus</i>) aagttgtgcaaaagtgaagaagattactgtgggaatg
	Plátano (<i>Musa acuminata</i>) agccgaccggtttacgcatttattccgactatcaaca

T	
	Humano (<i>Homo sapiens</i>) tatagagttagatgtaacagagatcggaatggcc
	Piña (<i>Ananas comosus</i>) tctggcaactgycagttgaaaagaaggtgaaaaag
	Pollo (<i>Gallus gallus</i>) tgaataaggactgtttcaataatgtttatataaaacc

G	
	Papa (<i>Solanum tuberosum</i>) gaaaaatttgggaattgatcaaaccttgcattccaaa
	Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) gaaagagactgtgaagctgttaccattgttgaaca
	Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>) gtgttcaaacgacggagattgtgcccacgctgga

C	
	Cacahuete (<i>Arachis hypogaea</i>) caagcttccataccatttctctctgttggccaat
	Mosca (<i>Drosophila melanogaster</i>) cagggttaagctccctgtgcgcccgtctgttccgtatcg
	Perejil (<i>Petroselinum crispum</i>) cccaggtggaagcttttaccagaccatggaacca

Para cada una de las secuencias que se encuentran en el plato, el trabajo consistió en hacer un alineamiento contra las secuencias de la base de datos "toy".

Cuando en la caja se localiza la secuencia con mayor similitud a la del plato, o sea, la secuencias de tu taco, se puede obtener de esa lámina el nombre científico del organismo al que pertenece, así como una imagen de dicho organismo.

Se debe estar preparado para encontrar secuencias inesperadas que pertenecen a organismos que pueden provocar infecciones como *Salmonella* o *E. coli*, o francamente indeseables, como las que pertenecen a cucarachas, moscas o humanos.

El taco, su metagenoma y cómo enseñar bioinformática

La Metagenómica y la Bioinformática son áreas que han tenido un auge durante el presente siglo, debido al gran número de aplicaciones. Una de ellas podría ser el análisis de los organismos que conforman un delicioso taco, alimento muy popular en la dieta de los mexicanos. Sin embargo, actualmente es relativamente caro utilizar esta tecnología para dicho fin, aunque en un futuro cercano podría ser utilizada por las autoridades de sanidad para evaluar este tipo de establecimientos.

El uso del material didáctico desarrollado en el ejemplo que describimos, permite a los niños, jóvenes y público en general, familiarizarse con un área, que es compleja, de una forma dinámica y divertida. La explicación de los pormenores

de los fundamentos y métodos que implican un análisis metagenómico, se adapta de acuerdo con la edad y conocimientos previos del usuario. Por ejemplo, a los niños pequeños les encantó dibujar los ingredientes de su taco en una hoja que se colocaba en el plato, en lugar de escribir los nombres comunes y los científicos del material encontrado. Los estudiantes de preparatoria y licenciatura, se interesaban más por los procedimientos computacionales para llevar a cabo la tarea. Y a los padres de familia, les parecía muy interesante que ahora este tipo de análisis fuera posible. En todos los casos, la posibilidad de encontrar alguna bacteria dentro de los ingredientes les resultaba sorprendente y hasta, desde luego, desagradable. Fue una buena oportunidad para cambiar el paradigma de que las bacterias son sinónimo de enfermedades y que, en realidad, nosotros mismos tenemos una gran cantidad de microorganismos asociados a nuestro organismo y de vital importancia para mantenernos sanos (ver *Biotecnología en Movimiento* No. 5, pág. 30). Con esto, nuestro deseo es que todo tipo de público entienda el fundamento y la importancia de la ciencia y en particular de la bioinformática, que puede resultar muy útil en áreas como la salud y sanidad de alimentos. Todo este material didáctico, está disponible a través de las ligas mencionadas anteriormente y puede ser usado, compartido y modificado dando crédito a los autores (licencia Creative Commons de tipo Atribución - No Comercial - Licenciamiento Recíproco).

Contacto: vjimenez@ibt.unam.mx

La actividad descrita, fue inspirada en el siguiente artículo:
Marie-Claude Blatter, Vivienne Baillie Gerritsen, Patricia M. Palagi, Lydie Bougueleret, Ioannis Xenarios (2016), The Metagenomic Pizza: A Simple Recipe To Introduce Bioinformatics To The Layman. *European Molecular Biology network (EMBnet) Journal*, vol. 22. DOI: <http://dx.doi.org/10.14806/ej.22.0.864>



Fotografía: Adalberto Rios Szalay

En la letra de los lectores

Me fue muy interesante el artículo sobre el cambio legislativo en México para incentivar el desarrollo de empresas de base tecnológica, más aún, al tratarse de un tema en el cual me encuentro involucrado en su estudio dentro de las líneas que nos ha marcado la Abogada General. Me permito expresar mi reconocimiento, en tan excelente labor, asegurando que me volveré asiduo a su lectura.

Mtro. Jorge Hugo Ibarra Cárdenas
Asesor, Oficina de la Abogada General, UNAM

Soy de Perú, egresada de la carrera de Ingeniería Biotecnológica. Quisiera recibir los siguientes números de su revista "Biotecnología en Movimiento". Felicidades.

Marián Hermoza Gutiérrez

Quiero felicitar a todo el equipo involucrado en la materialización de la revista. Como ex-alumno del IBt estoy sumamente orgulloso de que el Instituto tenga un medio de divulgación incluyente y al alcance de todos, ¡excelente!

César de la Cruz Valencia

Excelente revista y contenido impresionante, muy buena idea de difundir el conocimiento.

Jonathan Mejía Altamirano
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero, México

Les felicito por la calidad de los artículos.

José Cervantes Castillo
Director, Biotecnólogos de la Ciénega, S.P.R. de R.L. Sahuayo, Michoacán, México

La revista me impresiona. Muchas felicidades.

Mariano Gutiérrez Rojas
Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y ex-presidente de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, A.C.

La revista es muy buena y ha mejorado número con número. Es un muy digno producto del IBt, de mis mayores respetos.

Adalberto Noyola
Investigador y ex-Director del Instituto de Ingeniería de la UNAM

Biotecnología en Movimiento es una revista de calidad y sobretodo que está informando sobre asuntos de actualidad de manera amena e interesante. Cada día va mejorando en sus contenidos y es una puerta abierta para que muchos investigadores y estudiantes den a conocer su trabajo y la trascendencia del mismo.

Luz del Carmen Colmenero
Directora del Centro Morelense de Comunicación de la Ciencia



El Rector de la UNAM, Dr. Enrique Graue y el Coordinador de la Investigación Científica, Dr. William Lee, visitaron la redacción de *Biotecnología en Movimiento*



Disponible en www.ibt.unam.mx

Agradecemos sus comentarios a biotecmov@ibt.unam.mx



Disponible en
www.ibt.unam.mx

Biología en MOVIMIENTO

Revista trimestral de divulgación –única en su género–, gratuita, que publica avances importantes de la biotecnología. Editada por el Instituto de Biotecnología de la UNAM.

Disponible en www.ibt.unam.mx con más de 10 mil visitas mensuales de académicos, empresarios, sociedades científicas, investigadores y estudiantes.

Impresión de mil ejemplares que se distribuyen gratuitamente en instituciones de educación superior, a empresarios, exalumnos del IBt, sociedades profesionales y científicas y funcionarios gubernamentales.

Diez mil volantes promocionales se reparten en congresos, pláticas y conferencias.

La gran inversión

**PROMUEVA
EN GRANDE
SUS PRODUCTOS
O SERVICIOS:
CONTRATE UN
ESPACIO**



Instituto de Biotecnología

Secretaría de Vinculación
(52 777) 329 1777 Ext. 38122
biotecmov@ibt.unam.mx



@ib_t_unam



Instituto de biotecnología-UNAM



IBt - Instituto de Biotecnología UNAM