

CIENCIA E INNOVACIÓN EN MÉXICO

Cuatro grandes proyectos científicos

Por el FCCyT
Responsables de la edición:

Juan Pedro Laclette
Patricia Zúñiga Bello

Coordinador de edición:

Marco A. Barragán García

Por UNIVERSIA
Responsables de la edición:

Arturo Cherbowski Lask
Salomón Amkie Cheirif

Coordinadora técnica:

Isabel Rojo Vázquez

Coordinadora de edición:

Abigail Mendoza Morales

Escritores

Abigail Mendoza
Gerardo Sifuentes
Isaac Torres
Jeanette Muñoz

Corrección de estilo:

María Elvira Álvarez Mendoza

Diseño de portada e interiores:

Víctor Daniel Moreno Alanís
Mariano Alejandro Hernández Salas

Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC

Insurgentes Sur No. 670, Piso 9
Colonia Del Valle
Delegación Benito Juárez
Código Postal 03100
México, Distrito Federal
www.foroconsultivo.org.mx
foro@foroconsultivo.org.mx
Tel. (52 55) 5611-8536

Cualquier mención o reproducción del material de esta publicación puede ser realizada siempre y cuando se cite la fuente.

DR Junio 2012, FCCyT

ISBN: 978-607-9217-07-5

Impreso en México

CIENCIA E INNOVACIÓN EN MÉXICO

Cuatro grandes proyectos científicos



uni>ersia

DIRECTORIO FCCyT

Dr. Juan Pedro Laclette

Coordinador General

Fís. Patricia Zúñiga-Bello

Secretaria Técnica

MESA DIRECTIVA

Dr. José Franco López

Academia Mexicana de Ciencias

Ing. José Antonio Ceballos Soberanis

Academia de Ingeniería

Dr. David Kershenobich Stalnikowitz

Academia Nacional de Medicina

Mtro. Gerardo Ferrando Bravo

Asociación Mexicana de Directivos de la
Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico

Dr. Rafael López Castañares

Asociación Nacional de Universidades e
Instituciones de Educación Superior

Sr. Francisco J. Funtanet Mange

Confederación de Cámaras Industriales de
los Estados Unidos Mexicanos

Lic. Juan Carlos Cortés García

Consejo Nacional Agropecuario

Lic. Alberto Espinosa Desigaud

Confederación Patronal de la República Mexicana

Ing. Sergio Cervantes Rodiles

Cámara Nacional de la Industria de Transformación

Dr. Tomás A. González Estrada

Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales
de Ciencia y Tecnología

Dr. José Narro Robles

Universidad Nacional Autónoma de México

Dra. Yoloxóchitl Bustamante Diez

Instituto Politécnico Nacional

Dr. J. P. René Asomoza Palacio

Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del IPN

Dr. Jaime Labastida Ochoa

Academia Mexicana de la Lengua

Dr. Andrés Lira González

Academia Mexicana de Historia

Sistema de Centros Públicos de Investigación

Dr. Óscar F. Contreras Montellano

Consejo Mexicano de Ciencias Sociales

Dra. Ana María López Colomé

Dr. Ambrosio F. J. Velasco Gómez

Dra. María Teresa Viana Castrillón

Investigadores electos del SNI



ÍNDICE

PRÓLOGO 07

FORO CONSULTIVO 09

UNIVERSIA 11

PRESENTACIÓN 12

GTM 14
**EL UNIVERSO REVELA
SUS SECRETOS**

Abigail Mendoza

INMEGEN 25
**NUESTRO ORGANISMO,
SU HISTORIA, NUESTRA
HERENCIA**

Gerardo Sifuentes

PIIT 32
**LA JOYA DE LA INNOVACIÓN
CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
DEL PAÍS**

Isaac Torres

LANGEBIO 43
**BIOTECNOLOGÍA CONTRA
LA ADVERSIDAD**

Jeanette Muñoz

SEMBLANZAS 55
INVESTIGADORES

PRÓLOGO

En alguna ocasión. Carl Sagan señaló que, paradójicamente, en este mundo lleno de avances científicos y tecnológicos, hay mucha desinformación sobre ambas actividades, aunque influyen directamente sobre la vida individual y colectiva. Esta aseveración se demuestra, para México, en los resultados de las encuestas aplicadas por el INEGI y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Es común que se hable de los temas que se oyeron en algún noticiero o se leyeron en la prensa o en las revistas. Se abordan cuestiones relacionadas con el universo, los genes, los transgénicos o la tecnología, aunque la mayor parte de las discusiones se refieren a lo que en otros países se investiga. Sin embargo, es prudente hacernos las siguientes preguntas ¿sabemos que en México se trabaja en temas similares? ¿Conocemos dónde se realiza investigación o innovación al respecto? ¿Quiénes la realizan? ¿Por qué y para qué se hace?

Ante ello, es importante destacar que en el país se hace investigación científica y tecnológica de calidad internacional; trabajos en los que participan científicos mexicanos de reconocido prestigio junto con jóvenes egresados de diversas instituciones de educación superior que inician su trayectoria

Tal es el caso de los cuatro proyectos que en este libro se presentan de una manera amena, sencilla y con el firme propósito de dar a conocer algunas de las actividades que se realizan en nuestro país. *Ciencia e Innovación en México: cuatro grandes proyectos* es una recopilación de entrevistas con los titulares del Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN), del Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (Langebio), del Gran Telescopio Milimétrico

(GTM) y del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT), ubicados todos en diversas entidades, lo que además ha motivado el desarrollo de las mismas.

Los autores de cada texto acercan al público al origen, desarrollo y temas que en cada una de esas instancias se abordan en beneficio de la biodiversidad, el conocimiento del genoma humano, del universo y de la transformación del conocimiento en productos y servicios. Se presenta además, una semblanza de sus titulares y una ficha técnica de cada centro, lo que redundará en un mejor conocimiento de dichas instituciones.

Los cuatro proyectos han respondido a las expectativas que se plantearon desde su diseño y que, además, han contribuido

con patentes que atraen inversiones, a la formación de nuevos cuadros de investigadores y a generar nuevas ideas para continuar avanzando en la generación del conocimiento. Son proyectos que en el transcurso de muchos años han requerido grandes inversiones, permitiendo también una estrecha colaboración entre empresas, instituciones y centros de desarrollo.

El Foro Consultivo Científico y Tecnológico, Universia y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, como editores de *Ciencia e Innovación en México: cuatro grandes proyectos*, se complacen en presentar esta obra al público en el ánimo de contribuir a la relevante labor de divulgación del conocimiento científico nacional.

Dr. José Enrique Villa Rivera

Director General del CONACYT



FORO CONSULTIVO

La Ley de Ciencia y Tecnología, publicada en junio de 2002, planteó modificaciones importantes a la legislación en esta materia, tales como: la creación del Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, la identificación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) como cabeza del sector de ciencia y tecnología, y la creación del Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT).

El FCCyT está integrado, a su vez, por una Mesa Directiva formada por 20 representantes de la academia y el sector empresarial, 17 de los cuales son titulares de diversas organizaciones mientras que los tres restantes son investigadores electos del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

En este sentido, el FCCyT forma parte del Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico encargado de regular los apoyos que el Gobierno Federal está obligado a otorgar para impulsar, fortalecer y desarrollar la investigación científica y tecnológica en general en el país. El FCCyT lleva al Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico la expresión de las comunidades científica, académica, tecnológica y del sector productivo, para la formulación de propuestas en materia de políticas y programas de investigación científica y tecnológica.

De acuerdo con la Ley de Ciencia y Tecnología, el FCCyT tiene tres funciones sustantivas. Su primera función sustantiva es la de fungir como organismo asesor autónomo y permanente del Poder Ejecutivo –en relación directa con el CONACYT, varias secretarías de Estado y el Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico–, pero también atiende al Poder Legislativo.

La segunda función sustantiva es la de ser un órgano de expresión y comunicación de los usuarios del sistema de ciencia, tecnología e innovación (CTI). Su objetivo es propiciar el diálogo entre los integrantes del Sistema Nacional de Investigación y los legisladores, las autoridades federales y estatales y los empresarios, con el propósito de estrechar lazos de colaboración entre los actores de la triple hélice –academia-gobierno-empresa.

Es de resaltar el trabajo continuo y permanente con legisladores de los estados de la República, particularmente con los miembros de las comisiones que revisan los asuntos de educación y CTI en sus entidades federativas. Esta relativa cercanía posiciona al FCCyT como un actor pertinente para contribuir, junto con otros, al avance de la federalización y del financiamiento de la CTI. En este sentido, se puede contribuir al trabajo del propio CONACYT, de las secretarías de Economía y de los consejos estatales de Ciencia y Tecnología para conseguir la actualización de las leyes locales, en términos que aumenten su coherencia con la Ley Federal de Ciencia Tecnología e Innovación.

El FCCyT también se ha dado a la búsqueda de mecanismos para la vinculación internacional a través de diversas agencias multilaterales. Todo ello, orientado a una búsqueda permanente de consensos alrededor de acciones y planes que se propo-

nen en el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI).

En cuanto a la tercera función sustantiva –comunicación y difusión de la CTI–, el Foro hace uso de distintos medios, desde la comunicación directa por medio de foros, talleres y otro tipo de reuniones de trabajo, hasta el uso de los medios de comunicación masiva y de Internet. Para mencionar sólo un ejemplo, nuestro nuevo portal electrónico ofrece ahora una mayor diversidad de servicios a los usuarios, incluyendo una gran variedad de mecanismos (concentrado de noticias de CTI, *Gaceta Innovación*, *Acerca*, estadístico, cifras sobre la evolución en CTI, información sobre las cámaras legislativas y los estados de la República, *blogs*, entre otros) para posibilitar un análisis más preciso de nuestro desarrollo en el ramo. Una señal inequívoca del avance es el aumento en el número de visitas al portal electrónico del FCCyT en más de un orden de magnitud.

En resumen, el FCCyT es una instancia autónoma e imparcial que se encarga de examinar el desarrollo de la CTI en el país. Sin embargo, tenemos el reto de incrementar la conciencia social en esa materia, partiendo siempre de la premisa del compromiso social de la ciencia, ya que el conocimiento *per se* pierde una parte de su valor si no se logra su utilización y su aplicación para mejorar las condiciones y la sustentabilidad de la vida en el país.



UNIVERSIA

Universia es una Red de 1,216 universidades que representan a 14 millones de profesores y estudiantes universitarios. Está presente en 23 países de Iberoamérica, (Andorra, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, España, Guatemala, Honduras, Nicaragua, México, Panamá, Paraguay, Perú, Portugal, Puerto Rico, República Dominicana, Uruguay y Venezuela). Es un proyecto de referencia internacional en Responsabilidad Social Corporativa de Banco Santander. Sus líneas estratégicas son:

- **Conocimiento:** Motor de innovación. Conectar la investigación con la empresa, utilizando tecnología para difundir el conocimiento y promoviendo la formación durante toda la vida.
- **Colaboración:** Vínculos entre universidades y empresa. Crear espacios para el debate y la relación interuniversitaria, y posicionar a los profesores universitarios como agentes del cambio empresarial.
- **Empleo:** Relación entre talento y empleo. Facilitar la búsqueda de primer empleo y prácticas profesionales de los universitarios, y generar nuevas oportunidades laborales para los titulados.
- **Futuro:** Universitarios como protagonistas del futuro. Acercar iniciativas e instrumentos que les ayuden en su formación profesional y personal e informar sobre posibilidades de futuro.

En la actualidad, Universia México integra 414 instituciones de educación superior, tanto públicas como privadas que representan 85 por ciento de los alumnos de licenciatura del país. Para mayor información visite: www.universia.net.mx



PRESENTACIÓN

¿Qué tienen en común Sierra Negra, Irapuato, Apodaca y el Distrito Federal? Estos sitios son sede de cuatro proyectos innovadores que buscan aportar conocimiento original y beneficiar al desarrollo del país: el Gran Telescopio Milimétrico (GTM), el Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN), el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (Langebio) y el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT).

Los cuatro son, además, ejemplo de la vinculación y colaboración entre los sectores académico y empresarial para impulsar programas de formación de capital humano e iniciativas de innovación, que permitan mejorar la competitividad nacional en áreas como agricultura, medicina genómica, conocimiento del universo y la innovación tecnológica.

En esta publicación, *Ciencia e Innovación en México: cuatro grandes proyectos*, editada por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico y Universia, se ofrece un acercamiento a cada uno de esos centros de investigación y a las actividades que realizan.

No debe olvidarse que la innovación debe ser prioridad en la agenda nacional. De ahí que estos proyectos representen la oportunidad de mostrar el éxito cuando colaboran diversos sectores con un mismo objetivo.

Ciencia e Innovación en México: cuatro grandes proyectos está dividido en cuatro apartados, donde se habla de la historia, el trabajo y los retos que enfrentan los citados centros de investigación y desarrollo.

Elaborados como reportajes periodísticos, los cuatro textos parten de la idea de que la innovación no puede reducirse a un simple discurso, por el contrario debe ser

una práctica que inspire y motive la transformación y la cooperación en beneficio del crecimiento nacional.

GTM: El Universo Revela sus Secretos, INMEGEN Nuestro Organismo, su Historia, Nuestra Herencia, PIIT, la Joya de la Innovación Científica y Tecnológica del País, Langebio: Biotecnología contra la Adversidad son los textos que integran este ejemplar donde los especialistas y el público en general encontrarán una revisión periodística de las tareas de generación de conocimiento científico y tecnológico, vinculación con instituciones y organismos nacionales y extranjeros, así como la enseñanza y contribución al mejor aprovechamiento de los recursos naturales del país.

En el mismo, se reitera la importancia de que empresarios, gobierno y sector académico colaboren de manera estrecha para mejorar la producción científica y tecnológica en el país. Así, en Langebio se prevé sembrar variedades vegetales resistentes a las sequías, capaces de crecer en suelos con pocos nutrientes, inmunes a las plagas y a las enfermedades, y amables con el entorno ambiental, pues no requerirán, en su cuidado, del uso de insecticidas o herbicidas químicos.

El INMEGEN tiene, entre otros propósitos, lograr una combinación entre calidad de investigación y el entusiasmo de un personal debidamente preparado a nivel científico y tecnológico. Entre los logros del Gran Telescopio Milimétrico destaca el hecho de que

85 por ciento de la ejecución de la obra estuvo a cargo de empresas nacionales.

Constituirse como la sociedad de investigación más poderosa de México y que genere productos y negocios de alto valor agregado, competitivos en el mundo, es el principal objetivo del PIIT.

Debe reiterarse que la formación de capital humano altamente preparado es prioritario para estos cuatro centros que cuentan además con la participación de científicos de todo el mundo.

Esta publicación busca acercar a la comunidad universitaria y al público en general cuatro proyectos de envergadura, dando voz a sus protagonistas, quienes narran los retos a los que se enfrentaron desde el origen, el desarrollo y la finalización de los trabajos, todo esto desde una perspectiva anecdótica y humana.

Con *Ciencia e Innovación en México: cuatro grandes proyectos* se pretende, sin duda, difundir estos logros científicos y tecnológicos a la sociedad en general y potenciar la vocación científica entre los jóvenes universitarios, quienes pueden ver en ella un campo fértil de acción, pues el desarrollo y el progreso de nuestro país tienen lugar ahí, en el conocimiento y su aplicación.

El Foro Consultivo y UNIVERSIA ofrecen esta publicación con el doble propósito de resaltar los logros científicos de los mexicanos y coadyuvar a que la sociedad se apropie del conocimiento que contribuirá al mejoramiento de su bienestar social.

Dr. Juan Pedro Laclette

Coordinador General del Foro Consultivo Científico y Tecnológico

Dr. Arturo Cherbowski

Director General de Universia México

GTM

EL UNIVERSO REVELA SUS SECRETOS

Por Abigail Mendoza

14

Conocer y explicar el origen del universo ha ocupado a la humanidad en todos los tiempos, desde la cosmogonía hasta la cosmología moderna. En México, la fuerte tradición astronómica que lo ha caracterizado desde la época prehispánica continúa prosperando y ahora los nuevos observadores escudriñarán las estrellas a una profundidad sin precedentes a través del telescopio más grande del mundo en su tipo, el milimétrico de Puebla, lugar donde se revelarán los secretos que el universo ha guardado sobre su formación y evolución de su estructura.

En el volcán Sierra Negra, en el estado de Puebla, ubicado en el Parque Nacional Pico de Orizaba, se vislumbra el proyecto astronómico más significativo en la historia del país: el Gran Telescopio Milimétrico (GTM) que, con una antena de 50 metros de diámetro, optimizada para observar ondas milimétricas de entre 0.85 y 4 milímetros, puede captar las radiaciones generadas por el nacimiento de estrellas, galaxias y planetas formados hace más de 13 mil millones de años, cuando se originó el universo, así como la luz de otras estrellas cercanas.

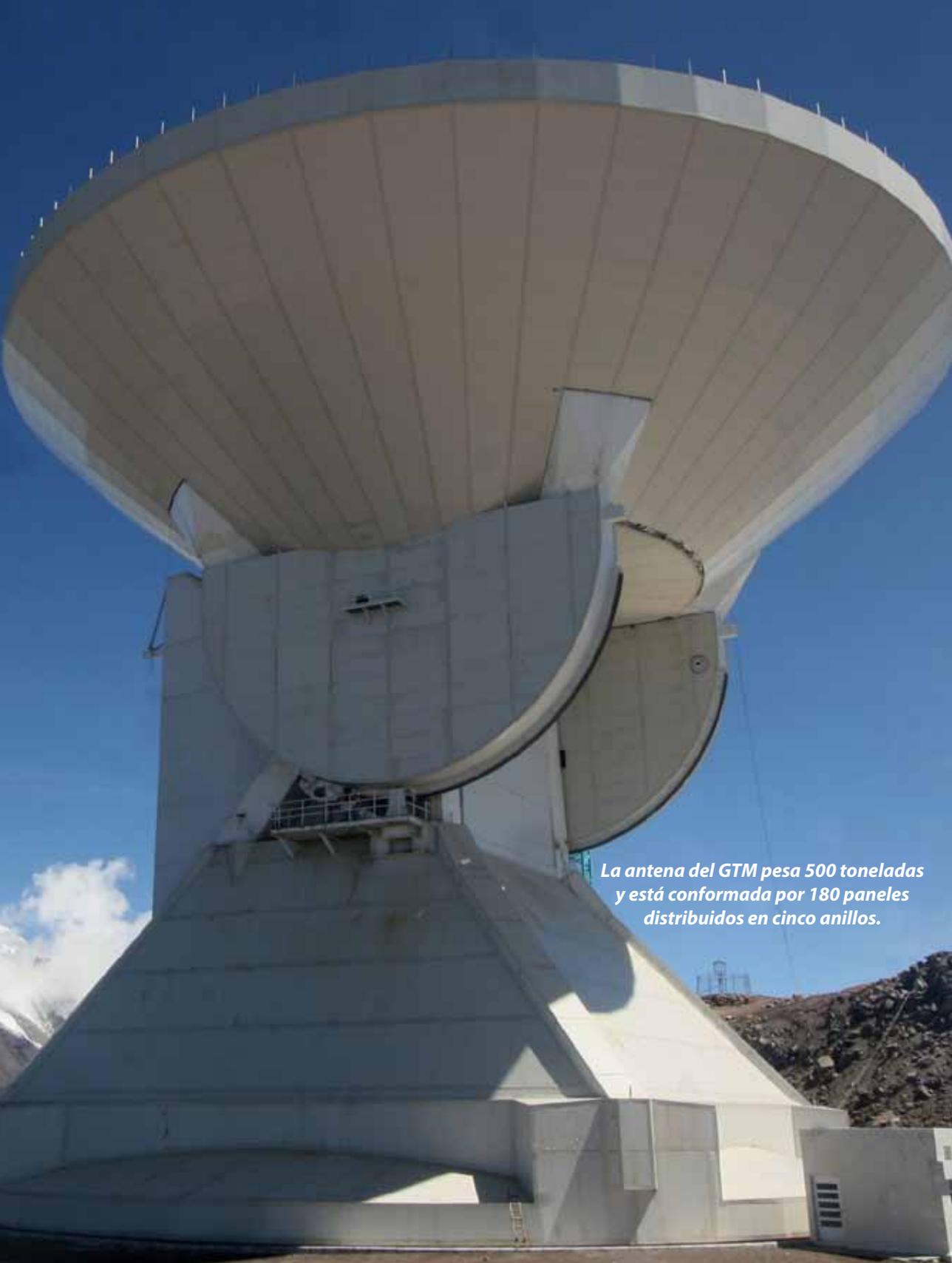
La idea de su creación surgió en 1987, cuando el poco presupuesto para la ciencia motivó a un grupo de científicos a pensar en

01

El universo revela sus secretos

“En el Parque Nacional Pico de Orizaba, se vislumbra el proyecto astronómico más significativo en la historia del país”





La antena del GTM pesa 500 toneladas y está conformada por 180 paneles distribuidos en cinco anillos.

proyectos futuros que contribuyeran al desarrollo del país, ya que la astronomía mexicana se había quedado corta en cuanto a infraestructura. La construcción de un telescopio milimétrico que arrojara información sobre el nacimiento y los confines del universo fue el ideal, y su principal impulsor fue Alfonso Serrano Pérez-Grovas, coordinador general del GTM.

La primera tarea para la construcción de esta herramienta astronómica fue seleccionar el lugar con las características idóneas para su ubicación. Debido a que el vapor de agua de la atmósfera absorbe las ondas de radio milimétricas, desde el principio se buscó un sitio seco y elevado, pues a mayor altura hay menos atmósfera entre el observatorio y las estrellas, por lo tanto, las microondas son detectadas antes de ser absorbidas. En 1997, luego de medir alrededor de 180 montañas, el Cerro de Tliltépetl, también conocido como Sierra Negra, cuya altitud es de 4580 metros sobre el nivel del mar, fue el elegido.

La gran idea se convertía en el reto, y dos institutos de investigación astronómica, el Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), en México, y la Universidad Massachusetts en Amherst, Estados Unidos, se unieron en este ambicioso proyecto de innovación. La edificación del Gran Telescopio Milimétrico comenzaba.

Los retos y los actores

Desde sus inicios, erigir el Gran Telescopio Milimétrico supuso muchos y variados desafíos, el primero tuvo que ver con la forma de pensar del mexicano. "Hemos sido educados en la noción de que México es un país perdedor y que no podemos hacer algo

que no se haya hecho antes, y lo mejor que podemos hacer es una copia malhecha de otras cosas. Convencernos a nosotros mismos de que podíamos hacer algo que nadie en el mundo había hecho, eso es lo que más trabajo nos llevó", compartió en entrevista Alfonso Serrano, "la percepción que un país tiene sobre sí mismo es importante y México está ávido de ejemplares ganadores".

"Es importante desarrollar instrumentos que, como el Gran Telescopio, dan la oportunidad de apropiarse de las tecnologías"

Uno de los cuestionamientos hacía alusión a porqué crear un telescopio de primer mundo en un país como México, en el que imperan la pobreza y las deficiencias educativas. ¿No sería el GTM acaso un desperdicio de dinero? "Al contrario", respondió firmemente José Guichard Romero, exdirector general del INAOE, "si queremos que deje de haber pobreza, marginación, y todo ese tipo de problemas en un país en desarrollo, hay que sacarlo del Tercer Mundo y una manera fundamental de hacerlo es formando nuevos cuadros altamente especializados en lo que domina al mundo ahora: ciencia y tecnología".

En México, continuó Guichard, son necesarias la agricultura, la ganadería y la pesca, pero también es esencial aprender nuevas técnicas para mejorarlas, para eso, es importante desarrollar instrumentos que, como el Gran Telescopio, dan la oportunidad de apropiarse de las tecnologías y de formar cuadros de expertos. En el mismo sentido,

David Hughes, quien fungió como director científico del proyecto, mencionó las dificultades climáticas que tuvieron que enfrentar, ya que a la altura a la que se eleva el Tliltépetl, el aire que se respira sólo contiene 60 por ciento del oxígeno disponible a nivel del mar, lo que creó un ambiente hostil durante la construcción del GTM.

Durante el proceso, conseguir el dinero fue otra hazaña. En México, el presupuesto es operado en partidas anuales y las prioridades cambian año con año, por lo tanto, constantemente había que justificar y reinventar el proyecto ante los funcionarios para que la Federación destinara los recursos. "Pareciera que las finanzas obedecen a la ley de la física cuántica, el dinero fluye por paquetes, no de continuo", describió Juan Carlos Jáuregui Correa, director adjunto de Operaciones del Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ), institución que colaboró en diferentes etapas del Gran Telescopio Milimétrico, desde la licitación y supervisión de la ingeniería, hasta la inspección de la calidad de las soldaduras y la creación de importantes mecanismos para su funcionamiento. Por otra parte, y debido al carácter binacional del telescopio, se debieron conjuntar ideas, modelos de operación, culturas de trabajo entre científicos e ingenieros y entre instituciones, y generar habilidades organizativas para tomar las mejores decisiones.

Los protagonistas se enfrentaban a los desafíos que supone la organización y la innovación, y a los cuestionamientos de parte de funcionarios y de la sociedad en general, a quienes había que explicar que pasarían varios años antes de ver terminado el Gran Telescopio y otros tantos para comenzar a obtener resultados. El reto, sin embargo, fue

GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO

UBICACIÓN

Cima del Tliltépetl, también llamado Volcán Sierra Negra, en el estado de Puebla. El sitio se encuentra a una altitud de 4580 metros sobre el nivel del mar, en el Parque Nacional Pico de Orizaba.

DESCRIPCIÓN

Es un telescopio milimétrico de una sola antena, con una superficie reflectora de 50 metros de diámetro optimizada para observar ondas milimétricas de 0.85 a 4 milímetros.

RESPONSABLE

David Hughes (INAOE), director del proyecto en México

CONTACTO

Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Luis Enrique Erro No. 1. Tonantzintla, Puebla, CP 72840, Puebla, México.

Teléfono: +52 222 266 3100 Ext. 1325

Página web: <http://www.lmtgtm.org/>

tomado con la conciencia de que la innovación requiere asumir riesgos y frustraciones, pero al final lo que se logra es mayor de lo que se pierde, afirmó Jáuregui. En el proceso, las experiencias motivaron el proyecto y lo convirtieron en un trabajo de paciencia, persistencia y concentración.

A investigadores mexicanos les corresponde alrededor de 70 por ciento del tiempo de observación en el GTM.



La participación conjunta

En la Sierra Negra se levanta una obra científica y tecnológica de vanguardia, el telescopio milimétrico más grande en el ámbito mundial, que alcanza la altura de un edificio de 20 pisos y cuenta con una rotonda subterránea hueca de 40 metros de diámetro y seis metros de profundidad, estructurada en habitaciones que albergan laboratorios, cuartos de control, dormitorios, cocina y sanitarios; una construcción de primer mundo. A su alrededor, y en contraste, pueblos aislados de la sociedad moderna, con poco desarrollo, agricultores y ganaderos marcados por la pobreza a la que los destina un salario mínimo que no supera los dos mil pesos mensuales. Ante tal precariedad, los científicos e ingenieros que participaron en la edificación del GTM comenzaron acciones en beneficio de las comunidades, esfuerzos que no fueron estériles.

La escuela de la comunidad, ubicada entre montañas y en una zona lodosa, estaba lejos de ser un lugar agradable para la formación educativa de los futuros profesionales. Los niños, además de llegar salpicados de lodo a sus salones, no contaban en su escuela con conexión a la telesecundaria, por lo que las obras emprendidas fueron la instalación de un receptor y adoquín en el suelo; actualmente, los alumnos tienen acceso a herramientas técnicas que contribuyen a su aprendizaje y llegan limpios a clases.

Los investigadores crearon también un concurso en el que los jóvenes alumnos participaban con temas como la reforestación o el tratamiento de la basura, con la finalidad de involucrarse en actividades didácticas que les esclarecieran el papel fundamental de la ciencia y su futura responsabilidad en

el desarrollo social como líderes en la comunidad. Los ganadores fueron premiados con un recorrido por alguna de las compañías que participaron en la construcción del Gran Telescopio, situadas en la Ciudad de México, Querétaro, Puebla y San Luis Potosí.

Recorrer las empresas resultó una experiencia inolvidable para los alumnos que nunca habían salido de su localidad y sus testimonios contagiaron en el pueblo el deseo de superación. Serrano narró la historia de una niña de 11 años que tras ganar el concurso viajó a San Luis Potosí para visitar durante dos días la compañía que se dedicó a la soldadura del telescopio; a su regreso, platicó a los maestros y a las familias sobre su experiencia al salir de Chalchicomula de Sesma y ver todo lo que había fuera de su municipio. La estudiante habló de trabajos que iban más allá del cultivo de la tierra: de ingenieros, dibujantes, soldadores y técnicos, y expresó su deseo de algún día tener su propia compañía. Los presentes, con emoción Serrano, atentos escuchaban a la ilusionada niña, mientras todos derramaban lágrimas de esperanza. Hoy, ella está en la universidad. “Eso es lo más valioso, lo que uno puede mover en los corazones de los jóvenes”, aseveró.

Al iniciar la construcción del Gran Telescopio Milimétrico se contemplaba que solamente 15 por ciento fuera hecho por empresas mexicanas, al final, y para orgullo nacional, más de 85 por ciento fue ejecutado por compañías del país. El dinero que destinó la Federación al proyecto se quedó en México, generando empleos para las comunidades y potencializando a las empresas que, al resolver con inteligencia y dedicación los desafíos que la innovación les iba presentando, se volvieron más competitivas.

Por ejemplo, soldar la estructura del GTM, que alcanza alrededor de 2500 toneladas, fue una labor colosal debido a la precisión y exactitud requerida para el funcionamiento del telescopio y a los estragos que la falta de oxígeno ocasiona en el ser humano debido a la altura de la Sierra Negra.

La mejor soldadora del mundo llegó a Puebla y, luego de una semana en la que hubo nevadas y ante un ambiente adverso, abandonó el sitio comentando que era un trabajo muy difícil. Después de seis meses de búsqueda, se encontró una empresa en San Luis Potosí que se las ingenió para desarrollar unos robots y ejecutar un trabajo perfecto, tanto que el movimiento de la estructura no afecta la captación de la luz por vibraciones ni produce ruido alguno, característica que asombra a astrónomos de otros países, platicó Alfonso Serrano.

“Se contemplaba que solamente 15 por ciento fuera hecho por empresas mexicanas, al final, y para orgullo nacional, más de 85 por ciento fue ejecutado por compañías del país”

Mantener la coordinación para subir con grúas de gran peso a la parte más alta de la Sierra Negra y de la edificación la antena de 500 toneladas, conformada por 180 paneles distribuidos en cinco anillos, fue también una labor loable. La compañía de grúas más importante mundialmente, relató Serrano, dijo que por las características era imposible subirla y que la vez que intentaron algo similar en Estados Unidos la antena se

había colapsado. Debido a la complejidad, lo harían por 10 veces más dinero y, como no había esos recursos, al final se contactó a una empresa mexicana para que realizara el trabajo. El resultado fue exitoso: se colocó la antena a una precisión de 1 milímetro. La compañía bajó muy contenta de la Sierra, y exclamó: “¡Ya ven cómo las empresas mexicanas sí podemos!”.

La comunidad de la Sierra Negra se comprometió con las labores de ejecución del GTM y, por lo tanto, se fue apropiando de él. Entre las primeras tareas estuvo subir una máquina para hacer los agujeros y los cimientos y, como no se contaba con un camino, centenares de personas del pueblo se unieron y ayudaron a trasladarla “a la manera egipcia”, con troncos y cuerdas, describió Serrano, “ellos sienten que es su telescopio, y con toda razón”. Asimismo, muchos aspectos técnicos del GTM se tuvieron que resolver “a la mexicana”, con poco presupuesto y con mucho ingenio. “Nosotros aplicamos la habilidad y la picardía que caracterizan a los científicos e ingenieros mexicanos”, agregó.

“Las universidades podrán utilizarlo y demostrar a los estudiantes que ser astrónomo o ingeniero es una buena decisión para el futuro”

Adicionalmente, el Gran Telescopio Milimétrico ha fortalecido a la comunidad científica mexicana que se ha enriquecido del conocimiento de científicos extranjeros. “La cooperación internacional en el GTM es fundamental”, comentó Juan Carlos Jáure-

gui, “no podemos llegar solos a la carrera, no porque no tengamos la capacidad, sino porque hay que construir con ideas de otros lados. Hay que recordar que el trabajo científico es universal. Los descubrimientos que se hagan con el GTM impactarán al conocimiento que el humano tenga sobre el universo, eso no es propiedad de nadie, eso es un conocimiento universal que nos ayudará a todos”.

GTM: un futuro prometedor

El Gran Telescopio Milimétrico es un proyecto transexenal que ha involucrado a cuatro presidentes de la República y ha supuesto la mayor inversión en un proyecto científico en la historia de México. De acuerdo con la participación financiera de los países implicados se establecerá el tiempo de uso del GTM: al país le corresponde alrededor de 70 por ciento del tiempo de observación, mientras que a la Universidad de Massachussets 30 por ciento. Esto, aseguró David Hughes, es una oportunidad fantástica para México en la realización de grandes investigaciones de colaboración e impacto internacional, pues una noche en el GTM equivale aproximadamente a un año en otros telescopios. Además, los descubrimientos que se realicen tendrán relevancia en distintas áreas de la ciencia, como la física, la geología, la química y la biología terrestre.

La asignación de tiempos correrá a cargo de un comité especial que valorará las propuestas nacionales e internacionales, su impacto científico, viabilidad, entre otros criterios. En el país, las universidades podrán utilizarlo y demostrar a los estudiantes que ser astrónomo o ingeniero es una buena decisión para el futuro, pues de acuerdo con

Juan Carlos Jáuregui, la única forma que México tiene para persistir en el siglo XXI es educar con rapidez a los jóvenes, apostándole a la tecnología. Los alumnos talentosos deben creer en sí mismos y organizarse, y el telescopio les debe servir de inspiración para confiar en que se pueden lograr grandes proyectos y entender que las cosas no están dadas por Dios ni son imperturbables, sino que las hacemos nosotros y es nuestra actividad la que las va modificando, añadiendo.

El México del futuro, por lo tanto, debe construirse con el mismo ingrediente del GTM: el conocimiento, hay que empezar a vivir de nuestro cerebro, pues el desarrollo e independencia de las naciones provienen justamente de una ciencia y una tecnología fuertes y robustas, resultado del trabajo conjunto del gobierno, la academia y las empresas. Para adentrarse en la aventura del conocimiento, afirmó Jaime Parada Ávila, exdirector general del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), se precisa entusiasmar a los profesores, a los niños y a los jóvenes acerca de la ciencia, “tenemos que cambiar el modelo educativo para hacerlo más vivencial, más crítico y más indagatorio”.

El conocimiento es un elemento del dominio de los mercados y del progreso, y se consigue con educación de calidad, además, agregó Jaime Parada, “debemos impulsar la economía y la sociedad del conocimiento. La primera para producir bienes y servicios de mayor valor, y la segunda para que las personas sean más aptas, más informadas, con más habilidades y con más competencias para explotar de manera amplia todas sus capacidades y potencialidades”. El punto central: competir con el cerebro, no sólo con las manos.

El GTM puede captar las radiaciones generadas por el nacimiento de estrellas, galaxias y planetas hace más de 13 mil millones de años.





El Cerro de Tliltépetl, cuya altitud es de 4580 metros sobre el nivel del mar, fue el sitio elegido para erigir el telescopio.

El momento ha llegado

El crecimiento profesional que ha supuesto el Gran Telescopio Milimétrico para todos sus participantes ha sido significativo. Este proyecto de más de dos décadas ha representado muchos retos y arduo trabajo, pero las satisfacciones también han sido muchas. La experiencia más valiosa para Alfonso Serrano era saber que estaba ayudando en la construcción de México, y así fue. En palabras del exdirector del CONACyT, Juan Carlos Romero Hicks, Serrano es “un orgullo de la ciencia mexicana y un modelo de persistencia y perseverancia”.

“Los mexicanos podemos hacer cosas cuando nos lo proponemos”

A Juan Carlos Jáuregui, el GTM le dejó la satisfacción de poder observar la capacidad técnica de la sociedad mexicana en conjunto: empresas, instituciones y centros de desarrollo que se enfrentaron a un proyecto innovador y sin referentes. Por otra parte, la principal enseñanza, indicó Guichard, fue demostrar que todo es posible, “los mexicanos podemos hacer cosas cuando nos lo proponemos. Sí se puede, igual que en cualquier parte del mundo, y las hacemos muy bien, no hay imposibles, porque no tiene por qué haberlos”.

El científico David Hughes, por su parte, resaltó que haber salido de su país, Inglaterra, y venir a México en 1999 para participar en este proyecto de gran envergadura

le brindó la oportunidad de crear un grupo de investigación de jóvenes con quienes ha compartido su experiencia y ha contribuido a su formación para, juntos, favorecer el desarrollo del Gran Telescopio y de la ciencia en general, esto es algo que, describió, le encanta.

“No hay nada más poderoso que una idea a la que le ha llegado su momento”

El telescopio, coinciden los protagonistas, demuestra a los jóvenes y a todos los mexicanos que se pueden hacer cosas que nadie en el mundo ha hecho, pues el límite está en nuestras cabezas y en la capacidad de organización, no en la falta de talento. La primera luz científica se ha lanzado y la operación del GTM está a punto de comenzar. La idea que se transformara en un reto, hoy es una realidad, y “no hay nada más poderoso que una idea a la que le ha llegado su momento”, citó Alfonso Serrano las palabras de Víctor Hugo. ¡Al Gran Telescopio Milimétrico, le ha llegado su momento!



02

INMEGEN NUESTRO ORGANISMO, SU HISTORIA, NUESTRA HERENCIA

Por Gerardo Sifuentes

25

Nuestro organismo, su historia, nuestra herencia

“Al menos mil 100 de los poco más de 25 mil genes existentes están implicados en al menos 1500 enfermedades”

Explicar el origen de la vida es una de las últimas fronteras de la biología. Para intentar descifrarlo, hubo que reducir nuestro cuerpo a su mínima expresión orgánica: el ADN, los bloques elementales que dan forma a los genes. A su vez, los cromosomas que estos integran nos brindan características distintivas, y la totalidad de toda esta información hereditaria en nuestra especie se conoce como genoma. Sabemos sin embargo que al menos mil 100 de los poco más de 25 mil genes existentes en este conjunto están implicados en al menos 1500 enfermedades. El razonamiento principal de la comunidad científica es que el conocimiento de la secuencia correcta del material genómico permitiría desarrollar un nuevo tipo de medicina capaz de prevenir el desarrollo o estimular la prevención de las llamadas enfermedades genéticas complejas.

Así como el ADN le brinda un perfil único a cada organismo, el Instituto Nacional de Medicina Genómica de México (INMEGEN)



El conocimiento de la secuencia del material genómico permitiría desarrollar un nuevo tipo de medicina.

es una entidad diferente a las demás por su particular origen y estructura. En principio “surge como respuesta para aprovechar el potencial, e incidir como país, del desciframiento del genoma humano en el área de la salud”, explicó Xavier Soberón, su actual director. Para él, una de las motivaciones para alcanzar el conocimiento en materia genética es sencilla: “En la humanidad hay una parte hermosa, que es el afán por aprender sobre nosotros mismos; saber de dónde venimos, a quién nos parecemos como especie, de dónde vienen nuestros atributos principales, la biología de los seres humanos en general.”

Encuentro afortunado

En 1999 estaba claro que el Proyecto del Genoma Humano (PGH) reportaba avances significativos, tanto así que se preveía su conclusión para antes de la fecha límite que se habían propuesto (2005). Dicha iniciativa internacional, encabezada por el célebre y controvertido doctor James D. Watson, Premio Nobel de Medicina 1962, se proponía no sólo identificar los genes que forman a los humanos, sino también determinar la secuencia de los tres mil millones de pares de bases químicas del ADN.

“Aquel año me desempeñaba como presidente ejecutivo de la Fundación Mexicana para la Salud” (Funsalud), mencionó Guillermo Soberón, quien también fue rector de la UNAM (1973-1981). “Recibí entonces la visita de Gerardo Jiménez Sánchez, acompañado de su maestro Antonio Velázquez. La razón de su presencia era platicarme sobre el desarrollo y avances del PGH, y de las posibilidades que veían en él. Me dijo que aunque México no había participado por no contar

con los recursos suficientes, no podíamos darnos el lujo de no aprovechar la aplicación de los conocimientos que se obtuvieran.”

“En la humanidad hay una parte hermosa, que es el afán por aprender sobre nosotros mismos; saber de dónde venimos, a quién nos parecemos como especie, de dónde vienen nuestros atributos principales, la biología de los seres humanos en general”

El interés de Jiménez Sánchez, según mencionó Soberón, era saber qué podía hacerse para despertar conciencia en el gobierno sobre el tema. En aquella entrevista, Soberón estaba acompañado por el actuario Cuauhtémoc Valdéz, quien fungía como coordinador de Funsalud y también fue parte importante en el análisis, discusión y toma de decisiones en el incipiente proyecto. Así, se acordó crear un consorcio promotor con representantes de las instituciones que colaborarían: UNAM, CONACyT, Secretaría de Salud y Funsalud. Pero el apoyo definitivo vendría del vicepresidente de Nuevos Desarrollos del organismo privado, Antonio López de Silanes.

Fondo y forma

Antes de iniciar las gestiones oficiales quedaba un elemento importante para elaborar un anteproyecto, y era definir el tipo de institución que se requería. En ello fue de vital importancia el trabajo de Jiménez Sánchez,

INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA GENÓMICA

UBICACIÓN

Periférico Sur No. 4809, Col. Arenal Tepepan, Delegación Tlalpan, México, DF, CP 14610

DESCRIPCIÓN

El INMEGEN fue creado en 2004 como el undécimo Instituto Nacional de Salud. Líder nacional e internacional en la investigación científica de la estructura genómica de las poblaciones mexicanas. Tiene como objetivo contribuir en el logro de una práctica médica personalizada, predictiva, preventiva y participativa. Es responsable de la formación de investigadores y recursos humanos de excelencia en las principales áreas de la medicina genómica, la divulgación del trabajo de investigación, el desarrollo de servicios especializados y, en general, en el impulso del desarrollo científico y tecnológico en México.

RESPONSABLE

Dr. Francisco Xavier Soberón Mainero, director general

CONTACTO

+52 (55) 5350 1900

Página web: <http://www.inmegen.gob.mx/es/>

quien por entonces, comentó Guillermo Soberón, trabajaba de tiempo completo en la escuela de medicina Johns Hopkins (JH), en Baltimore, Estados Unidos. Al respecto, Soberón mencionó: “Contábamos con la ayuda de un grupo de líderes internacionales en medicina genómica, como Jeffrey M. Trent, de la Universidad de Arizona; Eric Lander, del Instituto Whitehead de investigación biomédica, pero sobre todo de David Valle, jefe de departamento en la JH, quien nos brindó todo su apoyo al permitirle cierta libertad de maniobra a Gerardo Jiménez. En este sentido fue muy flexible.”

***“A pesar de ser un
instituto de salud, en
realidad no tiene pacientes
en sus instalaciones,
su función es investigar
y la docencia”***

Gerardo Jiménez se dio a la tarea de analizar el tema organizacional del futuro instituto. “Un debate entre los organizadores era saber qué tipo de institución aspirábamos a ser, con base en qué resultados queríamos obtener. Se discutieron dos posibilidades: una, que se hiciera un instituto de investigación similar a los que tiene la UNAM. La segunda, organizarlo como un instituto nacional de salud, como los que ahora existen, que son órganos descentralizados de la Secretaría de Salud.” Esto último se buscó porque el tipo de investigación que se realizaría era más diversificado. “Definir su perfil era importante”, agregó Soberón.

Para ello, el organigrama debía que-

dar claro: una de las opciones era crear un instituto de genómica con funciones verticales, donde se desarrollara un solo proyecto que le interesara en particular, y fuera responsabilidad exclusiva de quienes trabajan en él. Por otro lado, podía tratarse de un esquema horizontal, compuesto por una red de instituciones interesadas en la misma meta, cada una con sus propios mecanismos de acción.” Así, por ejemplo, en China los laboratorios trabajan de forma vertical, mientras que en Brasil existe una red de laboratorios dedicados al intercambio de información; al final se decidió tomar lo mejor de las dos opciones, “no somos fanáticos y no vamos a encerrarnos exclusivamente dentro del instituto, nos interesa realizar un trabajo colaborativo”, afirmó Soberón. “Al final creo que fue una buena decisión, pues esto permitió que los institutos participantes no se sintieran desplazados.”

Todos para uno, uno para todos

El interés en el PGH está impulsado por su efecto en los servicios de salud; son los que “se llevan la mayor tajada de la inversión” aseguró Xavier Soberón. Y no todos los países lo han hecho como en el nuestro, pues la mayoría de las investigaciones de este tipo en el mundo se realizan exclusivamente en laboratorios universitarios o privados: uno de los mayores obstáculos es el equipo de alta tecnología, pues resulta caro, no es sencillo de manejar y además se hace obsoleto muy rápido.

Para ello, y de ahí su característica tan peculiar, el INMEGEN se creó “insertado estratégicamente como uno de los institutos nacionales de salud, cuyo sistema organizacional

es un invento bastante mexicano, único podría decirse, con una serie de ventajas y características deseables para un proyecto de esta magnitud". La medicina genómica entonces es transversal, pues tiene aplicaciones en la oncología, enfermedades infecciosas, neurológicas, etcétera.

"A pesar de ser un instituto de salud, en realidad no tiene pacientes en sus instalaciones, su función es investigar y la docencia", subrayó Soberón. "La idea es que sea la propia área de investigación quien administre y gestione las unidades de alta tecnología, que genere sus propios proyectos conforme vaya marcando la frontera del conocimiento, pero que lo haga en colaboración constante con los otros institutos de salud, porque ahí es donde están los pacientes con los cuales se realizan los estudios y se da seguimiento a los servicios". De esta forma, para fines de 2001 se había presentado el estudio de factibilidad. El primer paso estaba dado.

En ruta

Una vez completada la etapa preliminar para que el INMEGEN fuese autorizado por el gobierno mexicano, había una prueba más por superar: "Hubo que enfrentarse por supuesto a las diferentes corrientes ideológicas y actitudes de los partidos políticos, no fue sencillo, había que tratar de convencer; cabildear en el Congreso fue una actividad demandante" afirmó Guillermo Soberón.

Por entonces, la publicación de los resultados del PGH en 2003 había despertado polémicas ajenas a los verdaderos propósitos del instituto. "De pronto hubo una declaración del cardenal primado de México, donde afirmaba que el INMEGEN se había creado para ocuparse de clonar seres huma-

El principal logro del INMEGEN ha sido la publicación del primer mapa de variaciones genómicas de la población mexicana.





En 10 años habrá un impacto drástico como resultado de estas investigaciones y, en 20, la medicina será irreconocible

nos. A pesar de la distorsión de sus propósitos, la clonación entonces se veía con reservas entre el público general y la clase política, dado el auténtico desconocimiento del tema, aunque lo cierto era que esta actividad no estaba aprobada en ningún país”.

Fue Julio Frenk, para entonces Secretario de Salud y uno de los más entusiastas impulsores del proyecto –junto con José Ángel Córdoba–, quien buscó entrevistarse con el cardenal para aclarar el asunto. “Sin embargo, el público en general no comprendía por completo; la sociedad mexicana es conservadora, las religiones que aquí se practican abarcan buena parte de la población y sus voceros tuvieron reservas para esta cuestión, y en ciertos casos, su opinión se vio reflejada por miembros del cuerpo legislativo”. Así, integrantes del comité se dieron a la tarea de impartir conferencias para aclarar las intenciones del organismo y apoyarse en la prensa.

Eventualmente el proyecto fue aprobado, pero no fue definitivo en su primera instancia, pues en la posterior revisión por parte de los senadores se incluyó una restricción que fue controversial: en ella se prohibía toda investigación que se efectuara con embriones humanos, tema que hoy día continúa debatiéndose. “La comunidad científica, justificadamente, externó su preocupación por esa restricción”.

Aunque aquella línea de investigación no estaba precisamente en los planes del Instituto, Soberón estuvo de acuerdo con la controversia a pesar de la demora que ello significaba, pues se trataba de una cuestión de principios: “No se puede restringir la investigación científica de esa forma, porque

puede ser ejemplar y dar pie a otro tipo de limitaciones". Una vez eliminado dicho impedimento, finalmente el 2 de diciembre de 2003 se aprobó el proyecto con gran mayoría de la Cámara; los fondos para impulsar al INMEGEN como el undécimo instituto de salud público estuvieron incluidos en el presupuesto federal de 2004.

Perspectivas y esperanzas

Han pasado siete años desde entonces, y la meta que ha seguido el INMEGEN, como cualquier instituto de su naturaleza, es que sus servicios alcancen a la mayor parte de la población. "El principal logro indudablemente ha sido la publicación del primer mapa de variaciones genómicas de la población mexicana; la clara identificación de algunos genes de propensión a enfermedades propias de los ciudadanos de origen amerindio, que afectan su índice masa corporal o provocan diabetes por ejemplo", concluyó Xavier Soberón, quien ocupó el puesto de director tras el término del periodo de Gerardo Jiménez como director fundador (2004-2009).

"Otro gran logro es la manera como se ha llevado el proyecto del Consorcio Internacional del Genoma del Cáncer, así como algunos de los estudios de diabetes más ambiciosos relativos a la población latinoamericana, cuyos avances son prometedores". En 10 años habrá un impacto drástico como resultado de estas investigaciones, y en 20, aseguró Soberón, la medicina será irreconocible.

Existe un enorme potencial, pero a la vez esto genera una gran responsabilidad. "Se trata de una de las fronteras del cono-

cimiento, nos interesa estar en contacto con ella para aprovecharla en beneficio del país que tiene una población única en el sentido mundial dado su mestizaje español e indígena [...] La gratificación para mis colegas es que la genómica se trata de un área en eferescencia, es como una montaña rusa donde las emociones no se detienen".

"La genómica es un área en eferescencia, es como una montaña rusa donde las emociones no se detienen"

Si todo avanza conforme a lo esperado, los beneficios impactarán directamente a los poco más de 560 millones de habitantes de Latinoamérica, aunados a los 47 millones de personas de origen hispano en Estados Unidos –el grupo minoritario más grande y de mayor crecimiento en aquel país. Destacará también los resultados de la colaboración internacional que actualmente se tiene con centros de investigación de la Unión Europea y Canadá, así como algunos países asiáticos como Singapur, en temas tanto científicos como éticos, así como en la coordinación de programas con sentido social que sean accesibles a la población con menos recursos.

Esta es un área en desarrollo, añadió Soberón, donde todos los días ocurren descubrimientos: lograr una combinación entre calidad de investigación y el entusiasmo de un personal debidamente preparado a nivel científico y tecnológico serán de gran relevancia para México, América y el mundo.

PIIT

LA JOYA DE LA INNOVACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DEL PAÍS

03

32

Por Isaac Torres

El motor de desarrollo de la sociedad actual es la transformación del conocimiento en productos y servicios eficientes, novedosos y competitivos, no sólo en el ámbito regional, sino en todo el mundo. Estas características se resumen en una palabra: innovación.

Para alcanzarla se requiere de la participación de diversos actores: académicos, empresarios y gobernantes, que si bien pueden obtenerla de manera individual, logran el mejor resultado en la conjunción de los tres en una cadena virtuosa que los especialistas llaman Triple Hélice, característica primordial de los países inmersos en la sociedad del conocimiento.

Ahora bien, la interacción y cooperación entre estos actores se ha mejorado cada vez más hasta llegar a un ecosistema definido como Parque Tecnológico. En México, el primero constituido con base en el papel de la universidad y la formación de alumnos de alto nivel como materia prima de la innovación, es el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT).

Situado en Apodaca, Nuevo León, con una superficie de 70 hectáreas, este parque

La joya de la innovación científica y tecnológica del país

“El motor del desarrollo de la sociedad actual es la transformación del conocimiento en productos y servicios eficientes, novedosos y competitivos”

TECNOLOGÍA
DE MONTE
PEREIRA



CENTRO DE INNOVACION, INVESTIGACION Y DESARROLLO EN INGENIERIA Y TECNOLOGIA



UANL

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON



PIIT

PARQUE DE INVESTIGACION E INNOVACION TECNOLOGICA



Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT)

UBICACIÓN

Km.10 de la nueva autopista al Aeropuerto Internacional de Monterrey, Municipio de Apodaca, Nuevo León, CP 66629.



cuenta actualmente con 12 centros de investigación en operación y más de 10 en construcción. Se pretende que al término de su primera etapa albergue 30 centros de investigación dedicados a la generación de investigación y desarrollo, así como la incubación de empresas de base tecnológica y para 2015 se espera que cuente con una comunidad de alrededor de 3 mil 500 personas.

Ubicado en el kilómetro 10 de la nueva autopista al Aeropuerto Mariano Escobedo, al nororiente de la ciudad de Monterrey, el PIIT reúne a centros de investigación públicos y privados, además de algunas empresas de talla internacional. Esta colaboración conjunta busca que el Parque se constituya como la sociedad de investigación más

poderosa de México y que genere productos y negocios de alto valor agregado, competitivos en el mundo.

Los gobiernos estatal y federal contribuyeron a la creación de este ecosistema donde se “cultivan” diversos clusters, formados por asociaciones civiles, académicos, centros de investigación y empresas con objetivos comunes; el propósito es mejorar la competitividad y el crecimiento en sectores a los que apuesta Nuevo León para su futuro como la nanotecnología, biotecnología, mecatrónica y manufactura avanzada, tecnologías de información, vivienda sustentable, salud, energías limpias y materiales avanzados, entre otros.



El gran proyecto

Este titán científico tuvo su génesis en 2004 gracias a la visión de Jaime Parada Ávila, entonces director del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), quien relató cómo inició el proyecto de esta dependencia junto con el liderazgo de José Natividad González Parás, entonces gobernador del estado de Nuevo León.

Todo comenzó en una conversación interesante con una taza de café, platicó Parada, “en cuanto José Natividad fue electo gobernador, pedí cita con él; su antecedente como presidente de la Comisión de Educación del Senado, donde me ayudó a sacar adelante la Ley de Ciencia y Tecnología en 2000, era

DESCRIPCIÓN

Es un parque tecnológico y científico de cuarta generación basado en el modelo de Triple Hélice, el cual es una alianza entre gobierno, universidades e iniciativa privada para buscar el crecimiento económico vía la innovación. El PIIT tiene una superficie de 70 hectáreas en su primera etapa con la infraestructura y servicios de clase mundial necesarios para albergar 30 centros dedicados a la investigación, así como al desarrollo de empresas de base tecnológica.

Es una de las principales estrategias del proyecto Nuevo León Economía y Sociedad del Conocimiento, el cual tiene como visión a largo plazo el aumento del PIB per cápita del Estado, mediante las industrias y actividades del conocimiento, así como fomentar la cultura de innovación en el Estado.

RESPONSABLE

Dr. Jaime Parada Ávila, director general del Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología de Nuevo León y del proyecto Nuevo León Economía y Sociedad del Conocimiento.

CONTACTO

Teléfono: +52 (81) 8286-6600

Página web: <http://www.piiit.com.mx/parque/default.aspx>

referente de que tenía gran interés por la educación, ciencia y tecnología". González Parás, añadió, era un gobernador ilustrado que sabía la importancia de impulsar las herramientas para el desarrollo.

La idea era emprender un proyecto ambicioso, apuntó Parada, "que sólo puede iniciar al principio de una administración, sobre todo en ciencia y tecnología, que tarda en madurar". Entonces, ambos fun-

"Trabajar para las siguientes generaciones y no para las siguientes elecciones"

cionarios calculaban que el parque podría erigirse en alrededor de 15 años y que sus frutos no serían todos para la administración del momento; sin embargo, el sentido de urgencia de transitar a una economía basada en el conocimiento y no en la manufactura, la necesidad de mejorar los ingresos de sus pobladores, así como el apoyo desde los tres sectores involucrados, hicieron posible que se completara la primera fase del proyecto en tan sólo 5 años.

La configuración del PIIT, que cuenta a la fecha con una inversión de 300 millones de dólares –200 del sector privado y 100 del sector público–, se ideó en 2004; dos años después se adquirió el terreno y se comenzó la construcción. A finales de 2010 "habían llenado la casa" con diversas instituciones clave para que iniciara operaciones, como la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Universidad de Monterrey (UdeM), el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores Monterrey (ITESM), el Centro de Investigación de Materiales Avanzados

(CIMAV), el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), Motorola, Pepsico y Sigma, entre otros. Todos pusieron de su parte, pero la clave fue dejar de pensar en un proyecto más allá del sexenio y rebasar la inmediatez: "trabajar para las siguientes generaciones y no para las siguientes elecciones", como lo englobó Parada.

La materia prima estaba disponible: universidades con los recursos humanos necesarios. En el mundo, contextualizó Parada Ávila, existen alrededor de 400 parques tecnológicos, de los cuales cerca de la mitad se encuentran en las universidades. En Nuevo León hay más de 90 universidades, entre las que destacan algunas de las más importantes del país, por lo que se podía echar mano de ellas para iniciar los trabajos.

Jaime Parada relató que para lograr dicha empresa había que realizar algunos cambios: "si queríamos ir por ese sueño, había un paradigma que se estaba agotando, que era la economía de la manufactura, ahora el sueño que se imponía era cómo aumentar el valor agregado de lo que producíamos"; además, continuó, esto traería resultados favorables, ya que "cuando una economía se sofisticada en los productos y servicios que genera, demanda talento humano de alto nivel: doctores, ingenieros, maestros de alto calibre", lo que genera empleos y abre oportunidades a los jóvenes universitarios.

De acuerdo con Jaime Parada, quien actualmente es director del Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología de Nuevo León, al cual se adscribe el PIIT, en este estado había un gran caldo de cultivo para construir un proyecto de tal envergadura, sólo se requería apuntalar a los actores hacia esta cadena virtuosa de la Triple Hélice: el gobierno creando el espacio propi-



El Parque cuenta con 12 centros de investigación en operación y más de 10 en construcción.

37

cio, convocando y facilitando el entorno; la academia formando material humano y aumentando centros de investigación; y empresarios que transitaran a generar bienes y servicios de valor agregado. Para el funcionario, una clave más del éxito del Parque es que se conforma por un equipo sin protagonismos, un proyecto no del gobierno sino de todos, “aquí no hay colgadero de medallas”, recalcó.

Para Juan Carlos Romero Hicks, exdirector general del CONACyT, y quien se sumó al proyecto en su momento, el PIIT es un referente en Latinoamérica, cuyo modelo se comienza a adoptar en otras entidades. Pero, añadió, su éxito no se debe al gobierno sino a toda la comunidad: “no hay un liderazgo visible de uno de los sectores, sino de los tres”.

El también exgobernador de Guanajuato agrega que la conformación de la Triple Hélice significa un cambio de cultura. El parque es un modelo diferente que se caracteriza porque académicos y empresarios velan por intereses comunes para generar conocimiento y distribuirlo en la sociedad. “En

otros países, 70 por ciento de los académicos con nivel de doctorado trabajan en la industria, mientras en México 97 por ciento de los doctores se encuentran en la academia. Este parque nos permite además cambiar este modelo para que la universidad sea una prolongación de la empresa y pueda haber una interacción donde los científicos tengan un lugar”.

¿Cómo funciona?

En el PIIT se reúnen instituciones, centros de investigación y empresas, donde las primeras atraen proyectos e inversiones de la industria. Hay una conexión entre las necesidades de las empresas y la capacidad de universidades y centros para resolverlas e innovar en cada una de las áreas de oportunidad, o clusters, con los que cuenta el parque.

Sus productos más tangibles son recursos humanos altamente especializados en varias áreas del conocimiento, tecnologías, así como patentes y propiedad intelectual que generan nuevos productos, procesos y



mercados, que crean asimismo empleos en niveles muy calificados.

Estos clusters son reflejo de la apuesta por el crecimiento económico de la entidad, pero están a su vez en un gran enclave de competitividad y crecimiento mundial. En estas áreas se desarrollan (y desarrollarán) instituciones públicas como el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología (CIIDIT) de la Universidad Autónoma de Nuevo León, el Centro de Innovación y Desarrollo Estratégico de Productos del Tecnológico de Monterrey (CIDEP), el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), el Instituto de Agua del gobierno de Nuevo León (IANL), el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Empaque y Tecnologías de Identificación de la Universidad de Monterrey (ABRE), y el Polo Universitario de Tecnología de la UNAM (PUNTA).

También se han desarrollado en el PIIT centros adscritos al CONACyT, como el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) Unidad Monterrey, el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI) Unidad Monterrey, el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) y la Universidad de Texas.

Además, existen centros tecnológicos de empresas e instituciones privadas que incluyen a Motorola, Pepsico, Sigma, Qualtia Alimentos, Metalsa, Cemex, FICOSA y Prolec-GE, por mencionar algunos de los 15 que se prevé instalar en su primera etapa.

Para Lilibian Licea, directora del CIMAV, centro especializado en nanotecnología y energía, la ventaja del parque es la posibilidad de lograr proyectos de gran alcance que

En tan sólo cinco años el PIIT cuenta con más de 150 proyectos en temas de biotecnología, nanotecnología, materiales, mecatrónica y desarrollo automotriz.



“El hecho de contar con centros de investigación y empresas nos permite tener ganancias a todos”

necesita el país para mejorar su competitividad mediante la innovación: “el hecho de contar con centros de investigación y empresas nos permite tener ganancias a todos, ya que éstas pueden echar mano de nuestros equipos, así como del personal capacitado para realizar actividades que, de otra forma, les tomaría mucho tiempo y dinero; además, nosotros estamos al día en innovación en cada uno de nuestros campos”.

Patricia Zambrano, coordinadora de Administración de Proyectos de Investigación y

Desarrollo del PIIT, por su parte, apuntó sobre el parque: “todo aquí debe ser un círculo virtuoso, en el momento donde alguien de los actores de la Triple Hélice no gane, éste se rompe. Las universidades y centros aumentan la formación de recursos humanos que podrán insertarse en algún instituto o empresa, porque cada vez hay más proyectos que atender”.

Asimismo, para Humberto Molina, director del CIDESI, el PIIT es el espacio idóneo para construir una comunidad del conocimiento y para la incubación de empresas de base tecnológica que ofrezcan oportunidades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación en productos y procesos a los alumnos egresados de carreras relacionadas con estas áreas del conocimiento.

“Hoy día, la forma moderna de hacer ciencia y tecnología en el mundo es por medio de la multidisciplina”, mencionó Jaime Parada. “La capacidad de complementación es una cosa muy importante, porque nadie tiene las fortalezas per se para resolver problemas complejos”.

“Hoy día, la forma moderna de hacer ciencia y tecnología en el mundo es por medio de la multidisciplina”

En el PIIT hay una lógica en la presencia y temática de cada una de las instituciones residentes. Así, por ejemplo, si Pepsico o SIGMA buscan mejorar los procesos de horneado de sus productos, podrían acudir a alguno de los centros de investigación especializados en biotecnología de alimentos. Motorola, por su parte, podría hacer sinergia con otros enfocados al estudio de materiales avanzados para mejorar sus productos, pues una de las principales ventajas de pertenecer al parque es la buena vecindad que propicia la colaboración y la complementación.

Parada Ávila apuntó que en tan sólo cinco años el PIIT cuenta con más de 150 proyectos de instituciones vinculadas en temas de biotecnología, nanotecnología, materiales, mecatrónica y desarrollo automotriz, entre otros. Adicionalmente, la Triple Hélice propicia un mosaico idóneo para la incubación de empresa de base tecnológica, donde la sinergia entre instituciones es clave para obtener frutos. Tan sólo en junio de 2012, indicó, el parque contará con seis nuevas incubadoras de empresas en temas referentes a los biofertilizantes y bio-

fungicidas, y el terreno se abona para hacer lo propio con más empresas que trabajen en nanomateriales y biotecnología.

Las incubadoras desarrollan proyectos generados por emprendedores individuales con una buena idea o empresas que buscan mejorar uno de sus procesos. Este sector del Parque brinda asesoría técnica, legal y de *marketing* que puede, desde concretar un concepto, hasta llevarlo a una alta graduación de la empresa, donde se obtiene un producto a escala para verificar que funcione en pequeñas producciones, mayores a las de un laboratorio pero menores a una escala industrial.

Los proyectos aprobados son calificados por consejos técnicos y pueden participar desde alumnos emprendedores hasta empresas consolidadas, que tienen la opción de gestionar sus productos con recursos financieros de instituciones gubernamentales y privadas.

En la incubadora de empresas de nanotecnología, por ejemplo, se cuenta con plataformas para desarrollar nanomateriales —a escalas de una milmillonésima parte de un metro— antibacteriales para calzado, cerámicas y recubrimientos para sanitarios; también recubrimientos para vidrios autolimpiables, dispositivos electrónicos, LEDs y ventanas electrocromicas, entre otros.

Innovar en México

Jaime Parada Ávila señaló que en su experiencia alrededor del mundo, ha visto la incapacidad de parques tecnológicos “para volar”, pues estos sólo trascienden cuando todos los elementos y actores son propicios y consecuentes unos con otros. En Nuevo León el ecosistema compuesto por gobier-

no, academia y empresariado es posible, en buena medida, por la capacidad de emprendimiento en la cultura de su población, “parece como si lo tuvieran en su ADN”. Además, agrega, en la entidad hay un sentido de urgencia por la competitividad y desarrollo, y cuando esto sucede, las cosas caminan y se mueven rápido.

Esa prisa dio como resultado poner en marcha el parque en cinco años y no en 15, como se proyectaba. “El PIIT es una prueba exitosa del empleo del conocimiento científico y tecnológico como motores de desarrollo, pero para esto se necesita de universidades fuertes, empresarios que quieran invertir y gobiernos con una visión más allá de seis años, de lo contrario se obtiene la fórmula perfecta para no hacer nada”, enfatiza Parada.

En palabras de Romero Hicks, el desarrollo de este gran proyecto tiene un efecto indirecto que se replica en diferentes partes del país, como Yucatán, Tijuana y Cuernavaca, además de Querétaro, que también cuenta con un parque prometedor. Al respecto, Parada Ávila comentó que debido a la diversidad de regiones en México, el PIIT no es el único modelo, pero sí un buen referente de cómo lograr un proyecto exitoso. “No todo nace y termina en este Parque, sería absurdo decirlo; si bien el PIIT es un hito del desarrollo nacional, no es suficiente para las necesidades del país. En la primera reunión con el exgobernador Natividad González nos preguntábamos cuál sería la prueba de éxito del proyecto; para mí la respuesta era que aquello que está en nuestra boca estuviera en la de los demás, que comenzarán a replicarnos aunque no de forma idéntica”.

En México, la innovación es tema de política pública, desde que la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) recomendó que este tema se incluyera en la Ley de Ciencia y Tecnología. Sin embargo, en el ámbito nacional hay un retraso en el tema, caracterizado por la falta de vinculación entre academia, empresa y gobierno.

“La fórmula es superar la desconfianza entre academia y empresa, y que el gobierno les brinde el mejor ambiente para cooperar”

Por ello, el PIIT se establece como un notable ejemplo de cómo invertir en el futuro y ser exitoso al poner en marcha una empresa de tal magnitud. El parque estuvo “adelantado a su tiempo” en el entorno nacional –se concibió mucho antes que la palabra “innovación” estuviera en la Ley federal–, pero con una sensible consciencia del entorno global, donde ya se compite con el conocimiento.

En este sentido, el PIIT debe reconocerse como paradigma para el resto del país, no en su especificidad, como enfatizó Parada Ávila, sino como una muestra de que enarbolar la Triple Hélice es posible, siempre y cuando exista armonía y sinergia entre sus actores, se busque un bien común y encienda ese “sentido de urgencia” por el desarrollo. “La fórmula es superar la desconfianza entre academia y empresa, y que el gobierno les brinde el mejor ambiente para cooperar, sólo así saldremos adelante”, concluyó.



04

LANGEBIO BIOTECNOLOGÍA CONTRA LA ADVERSIDAD

43

Por Jeanette Muñoz

Langebío: biotecnología contra la adversidad

*“La biogenética hará posible sembrar
vegetales resistentes a las sequías,
capaces de crecer en suelos con pocos
nutrientes, inmunes a plagas,
enfermedades, y amables
con el medio ambiente”*

Incendios forestales, muerte de ganado y pérdidas de cosechas son los efectos de la peor sequía ocurrida en México desde 1970. La falta de agua ha afectado, en lo que va de este 2011, a los habitantes de cerca de 40 por ciento del territorio nacional y, de acuerdo con las estimaciones del director de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), José Luis Luege, y del representante de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), Francisco Javier Mayorga, este fenómeno natural se agudizará en los próximos años a causa del calentamiento global.

La falta de previsiones, inversión e investigación podría acarrear, en corto plazo, problemas económicos y alimentarios. La pérdida de cosechas no sólo impactaría a las zonas rurales y a las familias que dependen de la producción agrícola, sino también a los consumidores, quienes tendremos que pagar precios elevados, por productos que, aunque son originarios de nuestro país, tendrán que ser importados de otros sitios.



Enrique Nortén fue el encargado de trazar los planos del complejo.

¿Qué pasaría si los campesinos ya no tuvieran que depender de los ciclos de lluvia para sembrar o levantar las cosechas? La biogenética, explica Luis Herrera-Estrella, director del Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (Langebio), es un instrumento tecnológico que hará posible sembrar variedades vegetales resistentes a las sequías, capaces de crecer en suelos con pocos nutrientes, inmunes a las plagas y a las enfermedades, y amables con el entorno ambiental, pues no requerirán, en su cuidado, del uso de insecticidas o herbicidas químicos.

“¿Qué pasaría si los campesinos ya no tuvieran que depender de los ciclos de lluvia para sembrar o levantar las cosechas?”

De acuerdo con Javier Bernardo Usabiaga Arroyo, exsecretario de Sagarpa, por medio del análisis de la secuenciación genómica de una planta será viable también explotar mejor sus características nutrimentales, su sabor, olor y forma: Un día, nos encontraremos en los anaqueles de un súper mercado mazorcas grandes, jugosas, de granos rojos y dulces; a su lado, habrá un elote verde, blanco y colorado para celebrar con los amigos el 16 de septiembre; o un tipo de maíz cuya cutícula no se pegue a los dientes y no nos haga pasar vergüenzas, cuando no se tenga un cepillo dental a la mano y sea necesario sonreír al de la silla de al lado.

Habrá un día, también, en el que el peyote no sea sólo un medio de hacer viajes, sin pagar pasaje, pues los químicos encontrados tendrán múltiples aplicaciones, entre ellas el tratamiento de enfermedades psiquiátricas.

Gente de ciencia que ayuda a gente de campo

En 2004, los hermanos Alfredo y Luis Herrera-Estrella, Octavio Martínez de la Vega y Jean-Philippe Vielle Calzada, cuatro investigadores del Departamento de Ingeniería Genética del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) Irapuato del IPN, tuvieron una gran idea: crear un laboratorio nacional de genómica, diferente a cualquiera de los centros de investigación existentes hasta ese momento en el país.

El proyecto era ambicioso, se trataba de construir una institución cuya infraestructura permitiera a científicos de cualquier dependencia nacional desarrollar sus investigaciones. Sólo de esa manera sería posible competir en el ámbito internacional, aprovechar las posibilidades económicas que el desarrollo de la biotecnología ofrecía a personas de todo el mundo y, por supuesto, aprender a utilizar los recursos naturales propios de este país, para resolver los problemas que aquejan a nuestro campo.

Uno de los precursores del laboratorio, Luis Herrera-Estrella, recordó: “Queríamos establecer un centro competitivo internacional que contara con infraestructura y que pudiera reclutar a los mejores jóvenes científicos del mundo para trabajar aquí. Nosotros ya teníamos un laboratorio de secuenciación genómica pequeño que sólo era suficiente para dar abasto a nuestros proyectos personales, pero si queríamos entrar a proyectos de gran envergadura, teníamos que hacer algo de una dimensión distinta, para no sólo satisfacer nuestras necesidades, sino también las de todos los investigadores del país”.

El sueño de establecer un laboratorio de genómica, en aquel momento un tanto leja-

LABORATORIO NACIONAL DE GENÓMICA PARA LA BIODIVERSIDAD

UBICACIÓN

Km 9.6 Libramiento Norte Carretera León # 36821 Irapuato, Guanajuato, México.

DESCRIPCIÓN

La unidad del Cinvestav Langebio (Laboratorio Nacional de Genómica y Biodiversidad) tiene por objetivo reunir grupos interdisciplinarios para realizar investigaciones de vanguardia y generar conocimientos sobre la genética de la biodiversidad mexicana que pueda derivar en su uso sustentable.

México es uno de los cinco países con mayor biodiversidad en el mundo. Los usos potenciales de esta diversidad en los terrenos de la medicina, la agricultura y la industria representan un invaluable recurso para el país.

RESPONSABLE

Dr. Luis Herrera Estrella, director de la Unidad de Langebio

CONTACTO

Teléfono:
+52 462 166 3000
Página web:
www.langebio.cinvestav.mx

no, no sólo serviría para saciar la curiosidad científica de un grupo de investigadores. En el ámbito internacional, explicó Herrera, ya se habían realizado proyectos de análisis de la secuencia genómica de diversas plantas y se habían hecho descubrimientos aplicables a la agricultura, hallazgos que eran vendidos como patentes y que generaban dinero, no sólo a quienes los encontraron, sino a quienes los estaban aplicando.

Por dar un ejemplo, Herrera mencionó que la empresa transnacional Monsanto acapara cerca de 70 por ciento del mercado de soya y trigo en el mundo, gracias a la compra de patentes a universidades y centros de investigación privados; siguiendo su ejemplo, Argentina y Brasil adoptaron tecnologías utilizadas por esta empresa (incluyendo la de los transgénicos), con lo que maximizaron sus ganancias y redujeron sus costos de producción.

En China se secuenció el genoma del arroz, si no lo hacían antes que lo lograran los científicos estadounidenses, se corría el riesgo de que los beneficios encontrados en este cereal fueran aprovechados y patentados por una cultura ajena a aquella que durante nueve milenios trabajó para crear la variedad actualmente conocida del grano. Lo mismo podía pasar con el maíz, reflexionó Herrera-Estrella:

“Era urgente que México tuviera las facilidades para realizar trabajos de secuenciación y análisis genómico, no solamente por nuestra enorme diversidad biológica, sino también porque hemos hecho enormes contribuciones mundiales a la agricultura. Una buena parte de la dieta del mundo: el maíz, el jitomate, el tomate verde, la calabaza, el cacao, el agave, el aguacate, el girasol y la vainilla proceden de nuestro país. México

es centro y origen de domesticación y de diversidad genética. Poseemos, por ejemplo, por lo menos cinco mil variantes del maíz, que crecen en las montañas, a nivel del mar, con más o con menos agua, con más o con menos temperatura. Todas esas variedades tienen que ser la fuente de genes, para mejorar el maíz en el futuro.”

“Una buena parte de la dieta del mundo: el maíz, el jitomate, el tomate verde, la calabaza, el cacao, el agave, el aguacate, el girasol y la vainilla proceden de nuestro país”

La instauración de un laboratorio de genómica no sólo traería beneficios a los grandes productores o a las empresas transnacionales, permitiría a los campesinos minimizar los riesgos de perder sus cosechas, ya fuera por la falta de agua o por el arribo de enfermedades o plagas. Como hombre dedicado al campo por 56 años, Usabiaga Arroyo opinó:

“Yo siempre he estado convencido de que la biotecnología es la mejor herramienta que podemos tener quienes nos dedicamos a la agricultura y a la ganadería para desarrollar nuevos conceptos de mejora genética. En mi generación, en nuestra generación, la genética era un arte, ahora, la biotecnología la ha convertido en una ciencia. Ya las cosas no se hacen con sentimiento o con *feeling*, sino con conocimiento de causa y buscando un objetivo concreto. Mi primera experiencia en ese rubro fue cuando empecé a ser agricultor y buscaba, mediante la hibridación o selección, la mejora

continua de algunas variedades de semillas o algunas especies vegetales que eran de mayor interés para un desarrollo industrial o comercial. Cuando empezamos a hablar de biotecnología, cuando entré en contacto con esta ciencia, quedé convencido de que ésta era la herramienta del futuro para nosotros los agricultores y hasta ahora lo sigo creyendo.

“Crear el laboratorio de genómica significó un gran avance y, sobre todo, tuvimos la suerte de haber contado con el apoyo incondicional del presidente Fox, en aquel entonces, porque él también, como agricultor, veía en el descubrimiento, en el desarrollo del potencial genético de los productos agrícolas, una oportunidad para que las personas del campo nos desarrolláramos y mejoráramos sustancialmente nuestros ingresos”.

“Hay que entender que el trabajo agrícola es una actividad de mucho trabajo físico y de mucha entrega y constancia”

La investigación genómica será capaz, coinciden los entrevistados, de resolver problemas relacionados a los desastres nacionales, pero también permitirá reducir los tiempos de trabajo de los productores, aumentar los márgenes de ganancias obtenidos en cada cosecha y, como consecuencia, mejorar las condiciones de vida de la población rural del país. De acuerdo con Usabiaga: “Hay que entender que el trabajo agrícola es una actividad de mucho trabajo físico y de mucha entrega y constancia. Todos estos avances tecnológicos te permiten utilizar determinado tipo de productos que fortalecen la resistencia a ciertas

plagas y enfermedades, ayudan a aprovechar los regímenes hídricos, te abaratan el costo y te disminuyen el trabajo, lo que redundará en mayores ingresos para las familias campesinas y en una mayor disponibilidad de tiempo para otras actividades”.

Una idea muy costosa

No obstante las ventajas económicas y sociales que ofrecía el proyecto, éste se perfilaba como un sueño difícil de cumplir. La construcción de otros laboratorios genómicos en el mundo había exigido la inversión de cantidades exorbitantes de dinero.

La secuenciación del genoma humano, comentó Herrera-Estrella, tuvo un costo de alrededor de 2 mil millones de dólares. Los países que participaron en este proyecto, entre los que no se contó México, se vieron obligados a realizar una inversión extraordinaria, pues, dada su baja eficiencia, se tuvieron que comprar cientos de máquinas de secuenciación con un costo individual de medio millón de dólares.

¿En México se tendrían los recursos suficientes para hacer una inversión similar? La iniciativa de los cuatro científicos politécnicos surgió en el momento indicado: “Hubo un cambio en la tecnología, aparecieron nuevas máquinas con una mucha mayor capacidad de secuenciación. Nosotros consideramos que era el momento adecuado de sacar adelante el proyecto, este desarrollo tecnológico de alguna manera democratizaba la genómica. Ahora con unas cuantas máquinas podías hacer lo que antes se hacía con cientos. La inversión se reducía de manera significativa. En lugar de cien millones de dólares, a lo mejor con tres o cuatro millones podías equipar un laboratorio y

hacerlo competitivo a nivel internacional”.

El momento había llegado: el plan se tenía que sacar de las aulas, para llevarlo frente a quienes podían hacerlo realidad. El grupo de investigadores y la entonces directora del Cinvestav, Rosalinda Contreras, empezaron a buscar el financiamiento necesario. El primer acercamiento fue con Juan Carlos Romero Hicks, en esos días gobernador de Guanajuato. Herrera bromea, “a él le planteamos la necesidad de hacer un proyectito, la verdad es que lo engañé porque mi proyectito era un proyectote, pero rápidamente hubo una respuesta positiva de su parte, para decirme que él colaboraría con el Cinvestav de Irapuato aportando fondos y gestiones para que se pudiera hacer realidad”.

Tampoco fue difícil convencer a Jaime Parada, director en aquellos años del CONACyT, ni a los entonces secretarios de educación y agricultura, Reyes Tamez y Usabiaga Arroyo, respectivamente. El exrepresentante de Sagarpa recuerda ese momento: “En una platica, Luis Herrera nos convenció, nos entusiasmó con la idea y tuvimos la suerte de encontrar eco y respaldo en la SEP, en el CONACyT, en el gobierno de Guanajuato y en la presidencia de la República. Todo se conjuntó para que se diera en automático este proyecto que la comunidad científica del Cinvestav y la comunidad del politécnico abrazaron con mucho entusiasmo. Yo creo que las condiciones estaban dadas para que el laboratorio de genómica se convirtiera en uno de los grandes activos científicos que tiene este país”.

Se aprobó el proyecto y se le asignó un presupuesto de alrededor de 50 millones de dólares para construirlo, equiparlo y operarlo. El compromiso por parte del Cinvestav era iniciar los trabajos con una gran

investigación, la secuenciación del genoma del maíz.

A seis años de distancia, todo parece indicar que el proyecto marchó sin mayores contratiempos: México cuenta con el laboratorio de genómica más grande de Latinoamérica, el complejo fue equipado con un moderno sistema de máquinas secuenciadoras, capaces de procesar nueve mil millones de nucleótidos por semana. En las instalaciones se pueden ver a estudiantes de posgrado de todo el mundo, recorrer, ataviados con overoles, botas y bolsas repletas de semillas, las zonas de campo que rodean al edificio principal. En resumidas cuentas, los investigadores poseen todas las herramientas necesarias para competir, en igualdad de condiciones, con cualquier otro centro de biotecnología del mundo; sin embargo, llegar a este momento requirió muchos años de esfuerzo por parte de los fundadores de Langebio, Herrera recordó:

“Una cosa es que te digan que están dispuestos a aportar recursos y otra cosa es que en verdad lleguen esos recursos. Cinvestav firmó un convenio de concertación con la SEP, Sagarpa y CONACyT, pero después tuvimos que establecer contratos anuales con cada una de estas instituciones, en ellos debíamos especificar cuáles eran las metas que se lograrían con cada uno de los pesos que solicitábamos”.

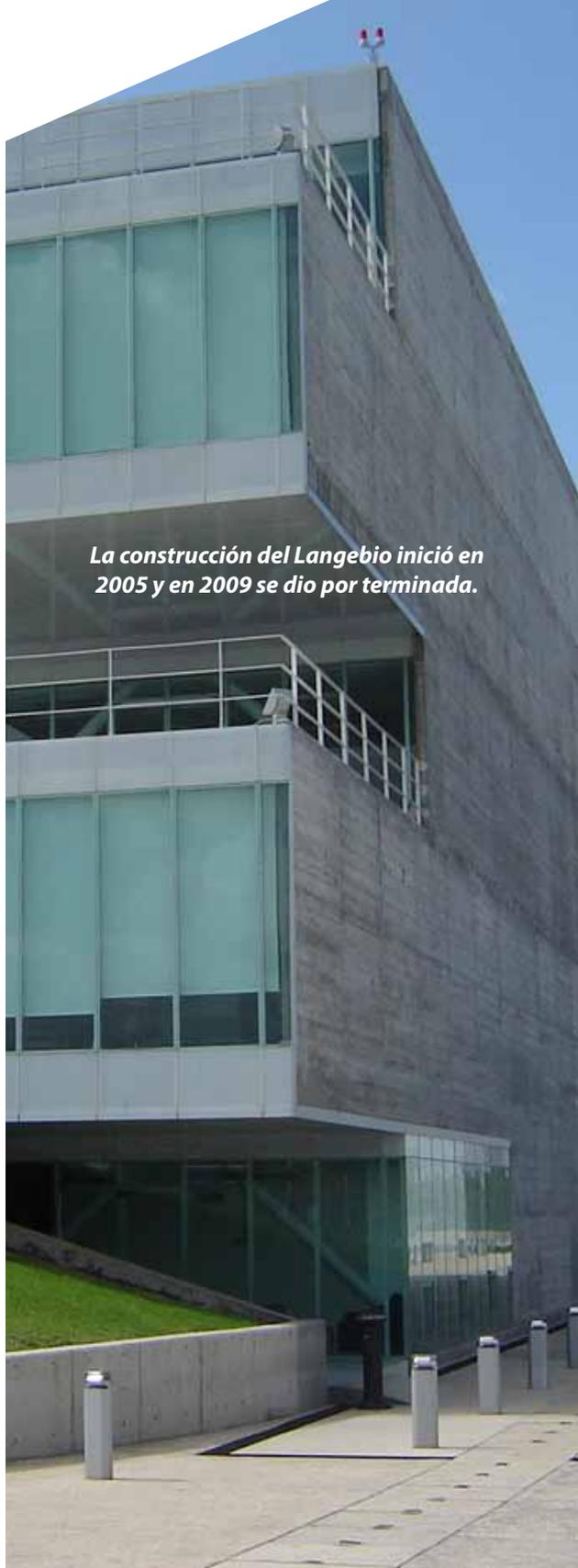
Para los involucrados, los trabajos parecían avanzar lento, sobre todo por las características con las que debía contar el nuevo centro de investigación. Se tomó la decisión de diseñar el edificio y equipar los laboratorios con materiales de primera calidad. “Un instituto de investigación –argumentò Herrera– debe durar 50, 100, 200 años. Si vas a Cambridge o a Oxford te encuentras con laboratorios

que han funcionado por 300 años. No tiene sentido reducir gastos, sacrificando calidad. El costo se hace mínimo si se compara con los beneficios que traerá la institución en el largo plazo”.

“El costo se hace mínimo si se compara con los beneficios que traerá la institución en el largo plazo”

Tras haber revisado las construcciones de laboratorios de diferentes lugares del mundo, el arquitecto Enrique Norten (premio Leonardo Da Vinci del Colegio de Arquitectos) fue el elegido para trazar los planos del complejo. En tanto, los cuatro precursores del Politécnico se dedicaron a diseñar los laboratorios, a hacerlos funcionales y cómodos. “Nosotros aquí vivimos: Llegamos a las 9 de la mañana, salimos a las 9 de la noche. Transcurrimos la mayor parte de nuestra vida dentro de estas instalaciones. Buscamos que sin lujos, fuera un lugar agradable, para que estudiantes de todo el mundo pudieran trabajar aquí. Buscamos que tuviera mucha luz, que no nos causara claustrofobia”, comentó Herrera.

La construcción inició en 2005, con la dirección de la Secretaría de Obras Públicas del gobierno de Guanajuato. La obra se dio por terminada en 2009. Durante esos cuatro años, los fundadores de Langebio vigilaron los avances en la construcción de las instalaciones, paso por paso. Revisaron desde el acabado de las paredes hasta la colocación de los materiales de laboratorio.



La construcción del Langebio inició en 2005 y en 2009 se dio por terminada.



En el Langebio se trabaja en la secuenciación del aguacate, el frijol, varias clases de bacterias y hongos.

En esos días, el equipo de investigadores se olvidó por completo de las horas de descanso: “Además de la construcción, iniciamos con el proyecto de la secuenciación del maíz, escogimos el palomero porque Jean Philippe Vielle había encontrado que el tamaño del genoma era más pequeño que el de los otros. Entre más pequeño es el genoma, más fácil es armarlo e interpretarlo”, explicó Herrera.

El tiempo se les iba encima, se había iniciado una carrera contra científicos estadounidenses, quienes también trabajaban en un proyecto de secuenciación del genoma del maíz. No era una competencia pareja: en Estados Unidos, la investigación contaba con apoyo multiinstitucional y con una inversión de 200 millones de dólares. En

“El nuevo laboratorio de biotecnología permitirá recuperar la sabiduría que en México hemos acumulado durante siglos”

México, sólo se tenían 7 millones de dólares. “Por fortuna el proyecto salió bien, fue exitoso y lo publicamos al mismo tiempo que los americanos, en la misma revista, una de las más importantes del mundo, *Science*”, comentó el director de Langebio.

Al final, el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad tuvo un costo, para el gobierno federal, de casi 500 millones de pesos, más una inversión de 230 millones por parte del gobierno de Guanajuato.

En la actualidad, se trabaja en la secuenciación del aguacate, el frijol, varias clases de bacterias y hongos.

El gran reto: ¿por qué no aprovechar lo que tenemos y sabemos?

Los genes escondidos en las hojas, raíces y tallos de las plantas, así como en cada una de las células de los animales ayudarán a resolver problemas médicos o nutricionales que hoy afectan a la población mundial.

Nuestros abuelos saben de todas las bondades que se pueden descubrir si se busca bien entre las piedras, en las copas de los árboles, en los ríos, los montes o los campos arados. Ellos conocen de las virtudes de un té de manzanilla o de anís, de las propiedades curativas del árnica o de la albahaca. Nuestra abuela sabe que una telaraña puede detener una hemorragia y que el veneno de una víbora o un alacrán no sólo pueden matarte, sino también servir como antídoto.

El nuevo laboratorio de biotecnología, dice Herrera-Estrella, permitirá recuperar la sabiduría que en México hemos acumulado durante siglos y, no sólo eso, también nos hará descubrir la manera en que las propiedades de los organismos vivos pueden ser más benéficas a los seres humanos: "Analizar la biodiversidad –explicó el investigador politécnico–, ayudará a encontrar activos químicos que puedan convertirse en bioactivos de medicinas. Contar con la secuenciación genómica y la infraestructura para hacer los análisis nos va a servir para identificar, en toda la tradición herbolaria del país, qué genes están involucrados en la elaboración del compuesto que nos hace sanar, así podremos saber cuál es la mejor forma de ingerirlo, o la técnica propicia para producirlo en mayores cantidades".

Con los trabajos que Langebio ha realizado hasta ahora, los genes de las plantas tradicionales del país ya han exhibido al-

El Laboratorio es centro de enseñanza y formación de generaciones de hombres y mujeres de ciencia.



gunas de sus virtudes. El peyote, por ejemplo, posee un amplio repertorio químico, utilizable en el tratamiento de enfermedades psiquiátricas o en la producción de ceras. Además, su resistencia a la sequía, la hace un instrumento invaluable a la investigación agronómica.

Los animales no se quedan atrás: El equipo del laboratorio de genómica trabaja, en coordinación con el Instituto de Biotecnología de la UNAM, en la secuenciación y análisis del genoma del alacrán. Con la coordinación de Alfredo Herrera, los científicos exploran las aplicaciones médicas de las toxinas encontradas en el veneno de este artrópodo.

Las posibilidades abiertas por la biotecnología son infinitas, más si se considera que México, de acuerdo con datos proporcionados por la Semarnat, ocupa el primer lugar en el mundo en riqueza de reptiles (con 707 especies), el segundo en mamíferos (491 especies) y el cuarto en anfibios y plantas (con 282 y 26 mil especies, respectivamente). Somos el país con mayor diversidad ecológica de América Latina y el Caribe, al poseer cinco tipos de ecosistemas, y nueve de los 11 tipos de hábitat. Por si fuera poco, México ocupa el primer lugar mundial en variedad de cactáceas.

No es raro, entonces, escuchar a Juan Carlos Romero Hicks decir sobre el futuro de Langebio que “el horizonte es el infinito”. Tres factores: visión, un gran equipo de trabajo y una destacada capacidad de gestión se sumaron para demostrar qué es lo que se requiere para llevar a buen fin proyectos de envergadura. “La ciencia tiene mucha inspiración, mucho sudor, muchas lágrimas, muchos sueños y una gran expectativa”, agregó el también exdirector general del CONACyT, “construyamos el país al tamaño de los sueños de todos”.

De acuerdo con Javier Usabiaga Arroyo, “nos encontramos frente a una gran posibilidad de desarrollar patentes, nuevas tecnologías, semillas, y gente. A las nuevas generaciones les tocará presenciar cómo la biotecnología se convierte en un juego de niños, similar a manejar una computadora o algo por el estilo. Esta es una gran oportunidad para fomentar el desarrollo”.

“La ciencia tiene mucha inspiración, mucho sudor, muchas lágrimas, muchos sueños y una gran expectativa”

Al respecto, Herrera-Estrella comentó: “Es cierto que la construcción de Langebio trajo dinero a Irapuato y al Cinvestav; sin embargo, lo más importante es que nuestras investigaciones ya han generado patentes que atraen inversiones de empresas transnacionales, o fomentan la creación de nuevas empresas en México. La idea es crear empleos bien remunerados para los profesionales que formamos y crear riqueza útil a todos los sectores sociales”.

Ahora el gran reto es ser capaces de capitalizar todo el conocimiento generado. Los entrevistados coincidieron en la necesidad de captar el interés de las empresas mexicanas para que inviertan en ciencia y tecnología, y para que decidan arriesgarse con inversiones y la compra de patentes. Sólo mediante la innovación podrá superarse el rezago económico del país, ese es el camino seguido por los llamados países del primer mundo y ese puede ser el secreto que nos ayude a superar problemas como los altos índices de desempleo, o la pobreza extrema

que afecta a amplios sectores de la sociedad.

Bien dicen que Roma no se hizo en un día. El camino es largo, pero lo importante es que ya se están dando los primeros pasos. A pesar de que el centro de investigaciones lleva pocos años funcionando, sus estudios han permitido el surgimiento de una nueva forma de hacer biología. En sus aulas y campos se forman profesionales capaces de competir en el ámbito internacional, y en los laboratorios, 13 equipos de trabajo, hacen de la biotecnología y la genómica herramientas para transformar la agricultura, la medicina y el mundo tal cual lo conocemos hoy.

El Langebio está a la altura de las mejores instalaciones del mundo, opina Jean-Philippe Vielle, y una de las satisfacciones que trajo consigo “sin duda tiene que ver con el hecho de que tenemos una nueva generación de investigadores jóvenes, entusiastas, con mucho talento, que pueden realizar labores de investigación en México

sin pedirle nada a ningún otro país”; sin embargo, agregó, el funcionamiento del laboratorio dependerá de su reconocimiento en la estructura pública y de los recursos que se le destinen para continuar con su operación.

Los años de intenso trabajo y sacrificios valieron la pena, no sólo para la comunidad científica, sino también para los sectores productivos de México. Para todos nosotros, el laboratorio de genómica será la base de la gestación de nuevas empresas y empleos, será, también, centro de enseñanza y formación de generaciones de hombres y mujeres de ciencia; pero para los cuatro científicos precursores y los funcionarios públicos que con su esfuerzo lograron que el proyecto dejara de ser tan sólo el sueño de un loco, Langebio es una forma de trascender, de ayudar a personas que aún no han nacido, pero que se verán beneficiadas por las iniciativas de nuestros días. Langebio es su granito de arena en la construcción social del país.



SEMBLANZAS

INVESTIGADORES



† ALFONSO SERRANO PÉREZ-GROVAS

56

Realizó sus estudios de las Licenciaturas en Física y Matemáticas en la Facultad de Ciencias de la UNAM en 1969, y trabajó al mismo tiempo como ayudante de investigador en el Instituto de Astronomía de la UNAM.

Realizó sus estudios de Posgrado (Maestría en Matemáticas Aplicadas) en la Universidad de Cambridge y en la Universidad de Sussex, en Inglaterra en 1973, donde obtuvo el grado de Doctor en Filosofía, con especialidad en Astrofísica en 1978, fecha en la que se incorporó nuevamente al Instituto de Astronomía de la UNAM.

Fue profesor de las facultades de Ciencias e Ingeniería de la UNAM, donde impartió más de 20 cursos de Licenciatura y Posgrado. Desde 1971, dio clases de Física y Astronomía en la Facultad de Ciencias de la UNAM y, mediante la dirección de seminarios y tesis, inició en la investigación a un buen número de estudiantes (ocho tesis de licenciatura y cuatro de Posgrado), desde 1986 fue Investigador del Sistema Nacional de Investigadores.

Fue investigador titular del Instituto de Astronomía de la UNAM desde 1978,

donde desarrolló investigaciones sobre evolución química del universo, formación y evolución galáctica, relación universal entre masa y momento angular en el universo, estudio de las relaciones fundamentales en galaxias elípticas y sobre las estrellas en formación y su relación con los sistemas planetarios. Investigó también diferentes temas de la Astronomía Observacional (desde el radio e infrarrojo hasta los rayos X y gamma) y de la Astrofísica Teórica (física estelar, desde la formación de estrellas hasta su muerte, física del medio interestelar, dinámica galáctica, cosmología, etcétera), los cuales forman parte de la investigación del problema de la evolución química galáctica.

Tuvo más de 70 publicaciones en libros y revistas de circulación nacional e internacional y su trabajo recibió más de mil 250 citas en la literatura especializada. Se distinguió también como un divulgador de la ciencia por su amplia labor de difusión tanto en diferentes medios de comunicación, como en conferencias científicas en las que participó como ponente o profesor invitado en más de cien congresos nacionales e internacionales.

Desarrolló una importante actividad en la creación de infraestructura en cómputo y en instrumentación astronómica.

Fue jefe del departamento de Astrofísica Computacional en el Instituto de Astronomía-UNAM en 1985, y miembro de varias comisiones en la UNAM, como la Comisión Dictaminadora de las Becas UNAM-UNISyS, el Comité de Telecomunicaciones y delegado al Congreso Universitario. Fue director del Instituto de Astronomía de la UNAM en 1987, y director del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial de la UNAM, en 1991.

Se desempeñó como presidente del Comité de Supercomputación de la Academia de la Investigación Científica, AC, en 1989; coordinador del Comité Científico de la Comisión Intersecretarial para el Eclipse de 1991; del Comité Asesor de Cómputo de la UNAM; del Consejo Asesor del Centro para la Investigación en Óptica, del Consejo Editorial de la Revista *Ciencia y Desarrollo*; del Consejo Asesor para la Creación del Centro Regional de Educación Ciencia y Tecnología Espacial para América Latina y el Caribe; del Consejo Asesor del Sistema de Investigación del Mar de Cortés; consejero titular de la H. Junta de Gobierno de la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, SA de CV (1991-1994); coordinador de Investigación Científica del Consejo Estatal Técnico de Educación Superior del Estado de Puebla. También, fue miembro y evaluador en varios Comités *ad hoc* como: Formación del Grupo de Optoelectrónica y Transferencia de Tec-

nología del INAOE; de Proyectos PADEP y del Telescopio Infrarrojo Mexicano (TIM).

Asimismo, se distinguió como árbitro de evaluación de proyectos de Investigación para apoyos internacionales del CONACyT; como árbitro externo de los Programas de Posgrado en Maestría y doctorado del IA-UNAM; y de la *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*; y como jurado en el Premio Nacional de Ciencias y Artes, en el área IV Ciencias Físico Matemáticas y Naturales (SEP), y como jurado titular en el campo II, Actividades Productivas del Premio Nacional de la Juventud 1995 (SEP), entre otros.

Algunas de las distinciones que le fueron otorgadas son: Seleccionado como uno de los cinco expertos del hemisferio para analizar las propuestas de cooperación presentadas por los Estados miembros de la OEA, correspondiéndole el área de Desarrollo Científico y Transferencia de Tecnología de la CENPES en Washington, DC; fue también invitado Especial de la Comisión de Estudios Legislativos de la LVII Legislatura de la Cámara de Diputados, al Foro Estudio de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; también como delegado mexicano dentro de la Conferencia de Cooperación Regional de Ciencia y Tecnología de la APEC, y Representante Mexicano ante la Comisión de Asuntos Culturales, Educación, Ciencia y Tecnología, del Parlamento Latinoamericano (Sao Paulo, Brasil). Asimismo, como científico distinguido, el Gobierno del Estado de Puebla le otorgó en el área de la Ciencia y la Tecnología el Premio

Quetzal 1999; en 1997 fue nombrado director adjunto de Coordinación de los Centros SEP-CONACyT, y de 2001 a 2003 fungió como director adjunto de Ciencia del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

En 1994 fue miembro del Consejo Asesor del Sistema de Investigación Ignacio Zaragoza (SIZA) y en 1995 miembro del Consejo Asesor del Director General del CONACyT; miembro del Comité Asesor de la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología; miembro del Consejo Directivo de la Sociedad Nacional de Investigadores (SNI), a partir de febrero de 1995; a partir de mayo de 1996 fue miembro del Consejo Directivo de la ADIAT, y a partir del 3 de septiembre de 1999 presidente ejecutivo. Fungió como vicepresidente de Relaciones con Gobierno y a partir de octubre de 1996, fue miembro del Consejo Consultivo de las Instituciones del Sistema SEP-CONACyT (antes Comisión Puerto Vallarta, de la que fue presidente de 1994 a 1996) y a partir de junio de 1997 fue nombrado secretario técnico y más adelante presidente. Fue también presidente del Comité Mexicano ante la URSI.

Perteneció a la American Association for the Advancement of Science; a la International Astronomical Union, de la que fue también profesor invitado a la Escuela Internacional para Jóvenes Astrónomos y posteriormente representante de nuestro país ante su 22nd General Assembly, celebrada en The Hague,

The Netherlands, en agosto de 1994; a la Union Radio-Scientifique Internationale y a la Royal Astronomical Society y de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT), de las cuales fue socio numerario.

Fue el creador y principal investigador del megaproyecto binacional México-Estados Unidos para desarrollar el Gran Telescopio Milimétrico (GTM), el más grande y poderoso del mundo en su tipo, ubicado en la cima del volcán Sierra Negra, en el estado de Puebla. El proyecto GTM ha permitido introducir a México en los más altos niveles de la ciencia y tecnología de punta, ya que se puede afirmar con orgullo que más de 85 por ciento del proyecto se realizó con el concurso de empresas mexicanas.

El proyecto ha llegado a su terminación exitosa gracias al empuje y la visión del doctor Serrano, y se encuentra realizando sus primeras observaciones, El GTM pondrá a México en la frontera del conocimiento astronómico mundial y las tecnologías derivadas del mismo impactarán decisivamente en el ámbito de la industria nacional, principalmente en las áreas de telecomunicaciones de alta frecuencia, desarrollo de grandes superficies ópticas, metrología y materiales avanzados.

Alfonso Serrano fue también investigador titular de la Coordinación de Astrofísica del INAOE y coordinador general del proyecto GTM.

DAVID H. HUGHES



Estudió la licenciatura en Astronomía y Astrofísica en la Universidad de St. Andrews en Escocia, y obtuvo el doctorado en la Universidad de Central Lancashire en Inglaterra.

Ha publicado más de 110 artículos arbitrados en revistas especializadas y sus contribuciones científicas han recibido alrededor de 5700 citas. Aproximadamente 90 por ciento de su trabajo científico se relaciona con la astronomía milimétrica y submilimétrica. Ha dirigido tesis de doctorado y es editor de varios libros.

Es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias, de la Unión Astronómica Internacional y del Sistema Nacional de Investigadores. Ha impartido cursos de posgrado y ha sido profesor visitante en diversos países de Europa y Latinoamérica, así como en Estados Unidos y México, adicionalmente ha dictado conferencias en diversas partes del mundo.

Sus principales líneas de investigación son la astronomía y la instrumentación milimétrica; la formación y evolución de galaxias y los núcleos activos de galaxias, la cosmología observacional, y los cúmulos de galaxias. Ha trabajado con algunos de los instrumentos milimétricos más importantes del mundo y es co-investigador

de grandes proyectos como el Herschel Astrophysical Terahertz Large Area Survey (H-ATLAS). Es investigador del INAOE desde 1999.

En octubre de 2010 recibió el Premio Scopus que el Grupo Editorial Elsevier y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) otorgan cada año a los investigadores más sobresalientes en el país. Fungió como director científico del Gran Telescopio Milimétrico (GTM) hasta el 15 de agosto de 2011, cuando fue nombrado director e investigador principal del proyecto GTM.

Durante 2011, encabezó el equipo que realizó las campañas de observación que dieron como resultado las primeras observaciones a tres milímetros con el Gran Telescopio Milimétrico, en junio pasado, cuando se obtuvo una gran colección de líneas de emisión de moléculas orgánicas, algunas de las cuales no se producen de forma natural en nuestro planeta.

Se obtuvieron observaciones de galaxias cercanas, como M82, y también de las que se encuentran en formación en el universo lejano, lo que demostró que el Gran Telescopio Milimétrico permite ya realizar investigaciones importantes tanto acerca del universo local como del primitivo.



JOSÉ S. GUICHARD ROMERO

Realizó estudios de Licenciatura en Física (1982), la Maestría en Ciencias (Física, 1984) y el Doctorado en Ciencias (Física, 1991) en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y es investigador Titular A del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE).

Ha trabajado las líneas de investigación astronomía observacional, astrofísica extragaláctica, estudio de las condiciones físicas en núcleos activos de galaxias y galaxias con brotes de formación estelar.

Es responsable del proyecto científico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) Condiciones Físicas de Mecanismos de Excitación en Núcleos de Galaxias Activas (211290-5-3228E), a partir del 13 de mayo de 1994, y del Proyecto de Infraestructura del CONACyT Actualización del Equipo de Microdensitometría del INAOE, a partir de 1994.

Entre sus publicaciones recientes están "The Atmospheric Extinction at San Pedro Martir, México: Individual Observations, Monthly and Yearly Averages", por W.J. Schuster, L. Parrao, J. Guichard, 2002, *Journal of Astronomical Data* 8, 2, par. 1. "The Atmospheric Extinction at San Pedro Martir, México: Individual Observations,

Monthly and Yearly Averages", por W.J. Schuster, L. Parrao, J. Guichard, 2002, *Journal of Astronomical Data* 8, 2, par. 1. "1-1.4 Micron Spectral Atlas of Satars", por M.A. Malkan, e.K. Hicks, H. I. Teplitz, I. M. McLean, H. Sugai, J. Guichard, 2002, *Astrophysical Journal (supplement Series)* 132, 79. "ASCA and other contemporaneous observations of the blazar B2 1308+326". Por Watson, D., Smith, N., Hannon, L., McBreen, B., Quilligan, F., Tashiro, M., Melcafe, L., Doyle, P., Teraesranta, H., Carramiñana, A., Guichard, J, *Astronomy & Astrophysics*, 364, 43. "Weak Radio Galaxies. II. Narrow-band optical imaging and physical conditions". Carrillo, R., Cruz; González, I., Guichard, J., *Revista Mexicana Astronomía y Astrofísica*, 35, pag 45.

Ha trabajado con algunos de los instrumentos milimétricos más importantes del mundo y es co-investigador de grandes proyectos como el Herschel Astrophysical Terahertz Large Area Survey (H-ATLAS). Es investigador del INAOE desde 1999.

En octubre de 2010 recibió el Premio Scopus que entregan el Grupo Editorial Elsevier y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

JUAN CARLOS JÁUREGUI



Es Ingeniero Mecánico Electricista (1983) egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería Mecánica por la misma Facultad (1984) y se graduó de Doctor en Ingeniería en la Universidad Wisconsin-Milwaukee (1986).

Ingresó al Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ) en 1989, donde ha realizado diversos desarrollos tecnológicos que operan en empresas industriales y que han contribuido a mejorar la capacidad productiva del sector manufacturero del país. Sus áreas de especialidad son el diseño de máquinas automáticas, la dinámica de maquinaria y las vibraciones mecánicas. Acerca de este último tema ha diseñado sistemas de mantenimiento basados en la medición de vibraciones, dispositivos de medición de vibraciones con sistemas MEMs; ha impartido cursos y escrito artículos y libros. Entre los proyectos más sobresalientes está el mecanismo de control de posición del espejo secundario del Gran Telescopio Milimétrico.

Fue el primer director de la Unidad Aguascalientes (1995) del CIATEQ, donde se encargó de la construcción, integración de los equipos de trabajo, instalación de los equipos y la venta de proyectos a la industria, principalmente de autopartes y automotriz. Actualmente, es director adjunto de Operaciones, donde coordina todas las

áreas técnicas y promueve la innovación y el desarrollo tecnológico dirigido a la industria nacional e internacional. Entre las comisiones especiales que ha desempeñado, fue nombrado ingeniero en jefe del Gran Telescopio Milimétrico.

Ha participado activamente en el Foro Consultivo Científico y Tecnológico, donde coordinó las actividades del grupo de investigadores que revisó los procesos de evaluación de los desarrollos tecnológicos para que se tomen en cuenta como productos de investigación y se estimulen estas actividades en las instituciones de educación superior e investigación.

Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1988 y ha tenido la distinción Nivel III desde 2003. Pertenecer a varias asociaciones profesionales entre las que destaca la American Society of Mechanical Engineers (ASME); es miembro fundador de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica (SOMIM), de la que fue vicepresidente de Diseño Mecánico. Fue vicepresidente de la Especialidad de Ingeniería Mecánica de la Academia de Ingeniería y forma parte de la Internacional Federation of the Theory of Machines and Mechanisms.

Cuenta con una amplia producción en publicaciones, patentes y desarrollos tecnológicos transferidos a diversas industrias del país y el extranjero, y ha recibido diversas distinciones y premios.



INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA GENÓMICA

GUILLERMO SOBERÓN ACEVEDO

Nació en Iguala, Guerrero, el 29 de diciembre de 1925. Realizó sus estudios profesionales en la Escuela Nacional de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) donde obtuvo el título de Médico Cirujano en 1949 y en la Universidad de Wisconsin donde realizó estudios de posgrado conducentes al grado de Doctor en Filosofía en la especialidad de Química Fisiológica.

Es miembro de diversas sociedades científicas, en México y el extranjero. Ha sido profesor e investigador en la UNAM. Fue profesor visitante Edward Larocque-Tinker de la Universidad de Wisconsin.

Ha sido investigador en el Instituto Nacional de la Nutrición 1956-1965; director e investigador en el Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM, 1965-1970; fue coordinador de la Investigación Científica 1971-1972, y rector de la UNAM de 1973-1981.

En el sector público fue coordinador de los Servicios de Salud de la Presidencia de la República 1981-1982; secretario de Salubridad y Asistencia 1982-1986; secretario de Salud 1986-1988 y coordinador del Consejo Consultivo de Ciencias, 1989-

1995. Secretario ejecutivo de la Comisión Nacional para el Genoma Humano 2000-2004; secretario ejecutivo de la Comisión Nacional de Bioética 2004-2005, y presidente del Consejo de la Comisión Nacional de Bioética 2005-2009.

Ha sido presidente ejecutivo de la Fundación Mexicana para la Salud y del Consejo Mexicano para la Acreditación de la Educación Médica. Actualmente, es presidente emérito de FUNSALUD y asesor personal del Secretario de Salud Federal.

Le han sido otorgados 11 Doctorados *Honoris Causa* (Wisconsin 1976; Oviedo 1979; Aguascalientes 1979; Tel Aviv 1982; Salamanca 1986; Autónoma de Guadalajara 1992; UNAM 1996; Morelos 1996; Hidalgo 2004; Instituto Nacional de Salud Pública 2007; Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 2010) y ha sido merecedor de diversas condecoraciones en el país y el extranjero.

Cuenta con más de 140 trabajos, 20 libros y tiene más de 110 aportaciones en libros, así como más de 450 comunicaciones formales en conferencias y congresos en el país y en el extranjero. Presidió el Club Universidad Nacional, AC (PUMAS) de 2000 a 2004.

FRANCISCO XAVIER SOBERÓN MAINERO

Nació en México, DF. Es químico por la Universidad Iberoamericana, Obtuvo el doctorado en Investigación Biomédica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Desde 1981 es investigador de la UNAM y ha participado en la instalación y consolidación de la ingeniería genética y la biotecnología en la institución. Ha realizado estancias de investigación en el City of Hope Medical Center, en el área de Los Ángeles, California; en la Universidad de California, San Francisco y en la Universidad de California, San Diego.

Su investigación se ha centrado en la síntesis química del ADN y sus aplicaciones en el estudio de las proteínas, así como el desarrollo de biofármacos y vacunas y a la biocatálisis. Ha publicado más de 50 artículos de investigación original en revistas de circulación internacional, así como otros tantos trabajos de análisis y divulgación científica, incluyendo un libro editado por el Fondo de Cultura Económica.

Cuenta también con tres patentes que cubren aplicaciones del ADN sintético en el desarrollo de nuevos biocatalizadores, así como de sus aplicaciones a la ingeniería metabólica. Ha coordinado la instalación,

desarrollo y operación de las Unidades de Síntesis y Secuenciación de Macromoléculas y la de Cómputo del Instituto de Biotecnología de la UNAM (IBt).

Ha sido profesor de los programas de maestría y doctorado en Ciencias Biomédicas y en Ciencias Bioquímicas de la UNAM y ha dirigido una veintena de tesis de licenciatura y posgrado. Asimismo, imparte cátedra en la Licenciatura en Ciencias Genómicas de la UNAM, misma que contribuyó a crear. Fue director del IBt durante dos cuatrienios, entre 1997 y 2005, y presidente de la Academia de Ciencias de Morelos en el periodo 2004-2006.

Ha recibido varios premios y distinciones, entre los que destacan el Premio Nacional de Química en 1999 y el reconocimiento como Investigador Nacional Nivel 3. Ha realizado numerosas actividades de asesoría, entre las que resaltan su participación en el Comité de Biotecnología de la Academia Mexicana de Ciencias y el CONACyT, de manera ininterrumpida desde 1998. Fungió como director del Sistema Nacional de Investigadores en 2008 y 2009, y actualmente es director general del Instituto Nacional de Medicina Genómica.





JAIME PARADA ÁVILA

Cuenta con más de 35 años de experiencia en las áreas de investigación, desarrollo científico y tecnológico, innovación y dirección de negocios.

Tiene el grado de Ingeniero Mecánico Electricista de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y se desempeñó como catedrático en la Facultad de Ingeniería por más de 15 años.

Realizó estudios de especialización en áreas de planeación estratégica, sistemas de calidad, investigación y desarrollo tecnológico. Le fue otorgado el grado de doctor en Ingeniería por la Universidad de Sheffield, Inglaterra. Ha ocupado el cargo de director general del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) de enero de 2001 a septiembre de 2005. De 1990 a 2000 fue director general de Tecnología en empresas privadas como Vitro y Cydsa, las cuales son internacionalmente reconocidas. Entre otros puestos, ha trabajado como director técnico de Empresas Asociadas del Grupo SIDERMEX, director general del Instituto Mexicano de Investigación en Manufacturas y director nacional del Programa de Centros de Investigación Tecnológica en CONACyT.

Recibió la Condecoración de la Orden del Mérito de la República Alemana en

el grado de Gran Oficial por sus logros a la mejora de las perspectivas de empleo y oportunidades de entrenamiento para la gente joven, promover la creación de nuevos negocios de base tecnológica y la innovación en empresas mexicanas, y por su empeño en enriquecer las relaciones entre México y Alemania.

Es miembro de la prestigiada Academia Mexicana de Ingeniería y, como un reconocimiento por sus contribuciones a las reformas administrativas y legales a las políticas nacionales de ciencia y tecnología y cooperación internacional, fue distinguido como miembro de la Academia Mexicana de Derecho Internacional.

Recientemente se desempeñó como profesor visitante de la Universidad de Texas en el área de posgrado en temas de ciencia y tecnología y es miembro del Consejo Internacional del Instituto de Innovación y Competitividad (IC2) de dicha Universidad.

Es miembro del Consejo Editorial de Negocios del Periódico *El Norte* y del Comité Nacional de Innovación de la Secretaría de Economía. Actualmente, ocupa el cargo de director general del Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología de Nuevo León y del proyecto Nuevo León, Economía y Sociedad del Conocimiento.



LILIANA LICEA JIMÉNEZ

Realizó su carrera como químico farmacéutico biológico en la Universidad Autónoma de Querétaro, estudió la maestría en Ciencia de los Materiales en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav), Unidad Querétaro y, posteriormente, hizo su doctorado en la Universidad Tecnológica de Chalmers en Gotemburgo, Suecia.

En 2007 se incorporó a la plantilla del Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados (CIMAV).

Su trabajo de investigación se enfoca al área de materiales nanocompuestos de base polimérica, materiales funcionales nanoestructurados, entre otros. Ha participado en diversos proyectos de vinculación con el sector industrial y desde enero de 2011 se encuentra a cargo de la dirección de CIMAV Unidad Monterrey.



PATRICIA DEL CARMEN ZAMBRANO ROBLEDO

66

Ingeniera Mecánico Administradora (1992) por la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL); M en C de la Ingeniería Mecánica con Especialidad en Materiales (1996), y doctora en Ingeniería de Materiales (2000) por el Doctorado de la FIME-UANL.

Ha sido profesora investigadora de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UANL desde 1993. Especialista en técnicas de CAD/CAM/CAE, maquinabilidad y procesamiento de aleaciones metálicas.

En 1994 recibió el Premio Tecnos al Desarrollo Tecnológico del Estado de Nuevo León. Desde 1996 pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, actualmente es Nivel I. Realizó una estancia de Investigación en la Universidad de Pittsburgh, Pennsylvania en 1997. Desde 2008 pertenece a la Academia Mexicana de Ciencias.

Ha dirigido más de 14 proyectos de investigación con empresas y con el sector gubernamental, como Metalsa, Prolec, American Estándar, Fábricas Monterrey, Ficoso, Crest, CEMTHOME y Lamosa. Cuenta con más de 20 publicaciones en revistas de circulación internacional. Actualmente, dirige cuatro tesis de doctorado, tres de maestría y dos de licenciatura.

Desde 2006 funge como coordinadora de Administración de Proyectos de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. A partir de julio de 2010 forma parte del Consejo de Evaluación del Fondo Mixto de Nuevo León.

Es evaluadora acreditada de CONACyT desde 2005 y de Premio Tecnos del Estado de Nuevo León desde 2000.



JAVIER BERNARDO USABIAGA ARROYO

Realizó la Licenciatura de Contador Privado en la Ciudad de México. En la iniciativa privada, fungió como director general de diversas empresas agrícolas de 1958 a 1995. Fue presidente y director del Consejo de Administración de Grupo U, empresa agro-industrial líder en los ámbitos nacional e internacional en la producción, empaque y distribución de hortalizas y granos de calidad mundial, de 2005 a 2009.

Fue secretario de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural del estado de Guanajuato, de 1995 a 2000, y en la Administración Pública Federal ocupó el cargo de secretario de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, de 2001 a 2005. Asimismo, de 2000 a 2003 fue diputado federal electo por el XII Distrito del Municipio de Celaya, Guanajuato, en la LVII Legislatura.

Desde el 1 de Septiembre de 2009 es diputado federal por Guanajuato en la LXI Legislatura, en la que fue nombrado presi-

dente de la Comisión de Desarrollo Rural.

Recibió los siguientes nombramientos de honor: director y presidente del Consejo de Administración de Holstein Frisian de Mexico (1972-1974); director y presidente del Consejo de Administración de Pasteurizadora Celaya (1973-1976); presidente de la Asociación de Criadores Holstein Frisian de México (1976-1978); presidente de la Asociación de Productores de Ajo del Centro Grupo de Productores de Ajo (1984-1995); vicepresidente del Consejo Consultivo del Centro Grupo Financiero Banamex-Accival (1985-1995); miembro del Consejo Consultivo Regional de Banca Serfin (1992-1995); vicepresidente del Consejo Consultivo Regional de Inverlat (1994-1995); miembro fundador y asociado de Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Agropecuario, AC (Amsda), asociación que unifica a los Secretarios de Desarrollo Agropecuario del país para marcar los lineamientos a seguir en el desarrollo agropecuario (1995-2001).



JEAN-PHILIPPE VIELLE CALZADA

Nació en Monterrey, NL, el 28 de enero de 1965. Es ingeniero agrónomo por la Universidad de Lovaina (Bélgica) y doctor (Ph.D.) en Genética de Plantas por la Universidad de Texas A&M, Estados Unidos (EU). Es responsable del Grupo de Desarrollo Reproductivo y Apomixis en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav), Irapuato, desde 2000, y miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel III.

Como experto en genética molecular y genómica funcional del desarrollo en plantas, con su grupo de investigación ha realizado descubrimientos seminales en el área de biología reproductiva, en particular en el entendimiento de la apomixis, un mecanismo de reproducción clonal por semillas con enorme potencial para la agricultura moderna. Es también miembro del equipo de científicos mexicanos que descifró el genoma de la raza de maíz palomero toluqueño en 2009, ofreciendo nuevas perspectivas para el entendimiento de su origen y domesticación.

Ha sido galardonado con el Premio de Investigación de la Academia Mexicana de Ciencias (2004), el premio AgroBio en Biotecnología Agrícola (2007) y con el premio Internacional Pioneer-Hi Bred (1999 y 2000). En 2006 fue nombrado Fellow de la American Association for the Advance-

ment of Science (AAAS) por sus aportaciones a la biología del desarrollo reproductivo. Se ha dedicado también a promover el entendimiento de la genómica y su importancia para México con más de 40 conferencias en diferentes foros públicos y privados como la Presidencia de la República y Secretarías de Estado, el Colegio Nacional, el Consejo Nacional Agropecuario, varios consejos directivos de empresas mexicanas, y numerosas instituciones educativas a todos niveles.

Hoy día, es uno de los cuatro mexicanos Becarios Internacionales del Instituto Biomédico Howard Hughes (Maryland, EU), y fue recientemente invitado a ser parte del Consejo Directivo de iPlant, una iniciativa internacional que propone desarrollar la primera Ciber-Infraestructura de modelos predictivos complejos en biología de plantas.

Como uno de los impulsores de la Unidad de Genómica Avanzada Langebio del Cinvestav Irapuato, elaboró el primer proyecto estratégico para la creación del mismo (2005), y participó en la elaboración del proyecto arquitectónico (2005), del plan de desarrollo (2007-2010), del plan de negocios (2006-2007), del programa de difusión y educación permanente (2007-2008), en el seguimiento de problemas relacionados con la obra pública y la gestión administrativa de la misma (2006-2007).



JUAN CARLOS ROMERO HICKS

Es licenciado en Relaciones Industriales, egresado de la Universidad de Guanajuato, y tiene dos maestrías, una en Ciencias Sociales y otra en Administración de Negocios, ambas del Southern Oregon State.

Gran parte de su vida profesional se ha dedicado a la docencia, fue catedrático de la Universidad de Guanajuato, de la que llegó a ser rector en 1991. Durante su gestión, le fue concedida la autonomía a dicha universidad.

Asimismo, ha tenido varios cargos en diversos organismos e instituciones universitarias, incluyendo la Presidencia de la Organización Universitaria Interamericana (OUI) y el Consejo Directivo del Consorcio para la Colaboración de la Educación Superior en América del Norte (CONAHEC).

Fue gobernador del estado de Guanajuato en el periodo 2000-2006 y se desempeñó como director general del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), hasta marzo de 2011.



LUIS RAFAEL HERRERA ESTRELLA

Nació en la ciudad de México, el 21 de Junio de 1956. Se graduó como ingeniero bioquímico en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, continuó sus estudios de maestría en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), y de doctorado en el Departamento de Genética de la Universidad Estatal de Gante, en Bélgica.

En 1984, obtuvo el título de doctor en Ciencias y la distinción máxima que ofrece la Universidad de Gante. En el mismo año, recibió el premio Minuro y Ethel Tsutsui, un reconocimiento bianual que otorga la Academia de Ciencias de Nueva York a la mejor tesis de doctorado en el ámbito internacional, por sus investigaciones que condujeron a obtener las primeras plantas modificadas por ingeniería genética y los métodos que en la actualidad se utilizan para producirlas de manera rutinaria.

Para la comunidad científica internacional, esta contribución es considerada piedra angular en el desarrollo de la biología molecular y la biotecnología de plantas. Sus descubrimientos posteriores se convertirían en un parteaguas para los estudios de los mecanismos que regulan la expresión génica en plantas y demostrar el

papel fundamental del péptido de tránsito en los procesos de importación de proteínas al interior del cloroplasto.

En 1986, después de haber trabajado por dos años como investigador asociado en la Universidad Estatal de Gante regresa a México para fundar y organizar el Departamento de Ingeniería Genética de la Unidad Irapuato del Cinvestav. Unos años más tarde, un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) reconoce este proyecto como uno de los cinco centros de investigación en biología molecular más importantes de los países en desarrollo y, en 1987 la UNESCO le otorga el premio Javed Husain como el investigador joven más destacado en ciencias naturales.

Posteriormente, dedica parte de su programa de investigación básica al estudio de problemas relevantes para la agricultura de Latinoamérica. Estudia los mecanismos moleculares de la acción de toxinas producidas por bacterias patógenas de plantas y logra desarrollar plantas transgénicas resistentes a la toxina producida por uno de los patógenos que causan mayores pérdidas en el cultivo del frijol.

Usando la experiencia en biología molecular e ingeniería genética obtenida

en los años anteriores, su grupo de trabajo desarrolla la metodología para la transformación genética de tomatillo, papaya, maíz criollo y espárrago, especies vegetales de gran importancia en Latinoamérica. Sus contribuciones de investigación básica para el desarrollo de la agricultura en zonas tropicales, le valió el reconocimiento de la Academia del Tercer Mundo, organismo que le otorgó en 1994 el premio TWAS en Biología.

Ha realizado trabajos pioneros sobre los mecanismos de tolerancia a concentraciones tóxicas de aluminio en suelos ácidos y los mecanismos moleculares que permiten a las plantas adecuar la arquitectura de su raíz para contender con factores ambientales adversos como la sequía y la baja disponibilidad de nutrientes en el suelo. Su trabajo de investigación ha quedado plasmado en más de cien publicaciones de revistas internacionales, que incluyen cinco artículos en *Nature*, cuatro en *Science*, siete en *EMBO Journal*, tres PNAS, dos en *Plant Cell* y uno en *Cell*.

Ha dirigido 12 tesis de licenciatura y ha graduado a ocho maestros y 29 doctores en ciencias. El impacto de su trabajo científico se ve reflejado en las más de 4500 citas que han recibido sus publicaciones. En el ámbito del desarrollo tecnológico, ha realizado importantes contribuciones que han sido reconocidas con cinco patentes inter-

nacionales y dos más que se encuentran en trámite. Las aplicaciones generadas de su investigación básica le hicieron merecedor, junto con los Ingenieros González Camarena y Celeda Salmón, de la Medalla de Oro de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual como uno de los tres inventores más destacados de México.

En el ámbito nacional, ha recibido cuatro premios: el de la Academia Mexicana de Ciencias, la Presea Lázaro Cárdenas del Instituto Politécnico Nacional, Premio Nacional en Ciencias y Artes, y el Premio Luis Elizondo del Tecnológico de Monterrey. Su participación en el panorama científico internacional le ha merecido distinciones importantes, como ser presidente de la Sociedad Internacional de Biología Molecular de Plantas, pertenecer al selecto grupo de Internacional Scholars del Instituto Médico Howard Hughes durante 20 años y haber sido elegido Miembro Extranjero de la Academia de Ciencias de Estados Unidos.

La inquietud por las innovaciones científicas continúa presente en sus programas de investigación, habiendo recientemente encabezado la creación del Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad con el apoyo del CONACyT, de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), la Secretaría de Educación Pública (SEP) y el Gobierno del Estado de Guanajuato.

Esta obra se terminó de
imprimir el mes de junio
de 2012, con un tiraje de
1,000 ejemplares, en los
talleres de Imagen Maestra