



G

Selección

GACETA POLITÉCNICA

DESCUBRE IPN

PLANTA PARA COMBATIR EL

DENGUE

Aportaciones del Laboratorio
de Puertos y Costas del IPN

Pág. 16

NÚMERO

173

30 ABRIL

AÑO XV • VOL. 15



DIRECTORIO

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Arturo Reyes Sandoval
DIRECTOR GENERAL

Mauricio Igor Jasso Zaranda
SECRETARIO GENERAL

Ismael Jaidar Monter
SECRETARIO ACADÉMICO

Ana Lilia Coria Páez
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Yessica Gasca Castillo
SECRETARIA DE INNOVACIÓN E INTEGRACIÓN SOCIAL

Marco Antonio Sosa Palacios
SECRETARIO DE SERVICIOS EDUCATIVOS

Javier Tapia Santoyo
SECRETARIO DE ADMINISTRACIÓN

Noel Miranda Mendoza
SECRETARIO EJECUTIVO DE LA COMISIÓN DE OPERACIÓN
Y FOMENTO DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS

José Alejandro Camacho Sánchez
SECRETARIO EJECUTIVO DEL PATRONATO DE OBRAS
E INSTALACIONES

Marx Yazalde Ortiz Correa
ABOGADO GENERAL

Modesto Cárdenas García
PRESIDENTE DEL DECANATO

Orlando David Parada Vicente
COORDINADOR GENERAL DE PLANEACIÓN
E INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Leonardo Rafael Sánchez Ferreiro
COORDINADOR GENERAL DEL CENTRO
NACIONAL DE CÁLCULO

Marco Antonio Ramírez Urbina
COORDINADOR DE IMAGEN INSTITUCIONAL

SELECCIÓN GACETA POLITÉCNICA

Ricardo Gómez Guzmán
JEFE DE LA DIVISIÓN DE REDACCIÓN

Leticia Ortiz
editora / lortizb@ipn.mx

**Zenaida Alzaga, Adda Avenaño,
Rocío Castañeda, Nestor Pinacho,
Enrique Soto y Claudia Villalobos**
REPORTEROS

Gabriela Díaz
CORRECTORA DE ESTILO

**Jorge Aguilar,
Enrique Lair
Israel Vera**
FOTOGRAFÍA

JEFATURA DE LA DIVISIÓN DE DIFUSIÓN

Ricardo Urbano Lemus y Gloria Serrano Flores
COLABORADORES ESPECIALES

**Verónica Cruz, Jorge Fernández,
Naomi Hernández, Jorge Juárez,
Adriana Pérez y Esthela Romo,**
DISEÑO Y FORMACIÓN

**Oscar Cañas, Marco Ramírez
y Rodrigo Romero**
VIDEO

**Ricardo Mandujano, Liliana García
y Edén Vergara**
COMMUNITY MANAGER Y DISEÑO WEB

www.ipn.mx
www.ipn.mx/imageninstitucional/

SÍGUENOS EN NUESTRAS REDES

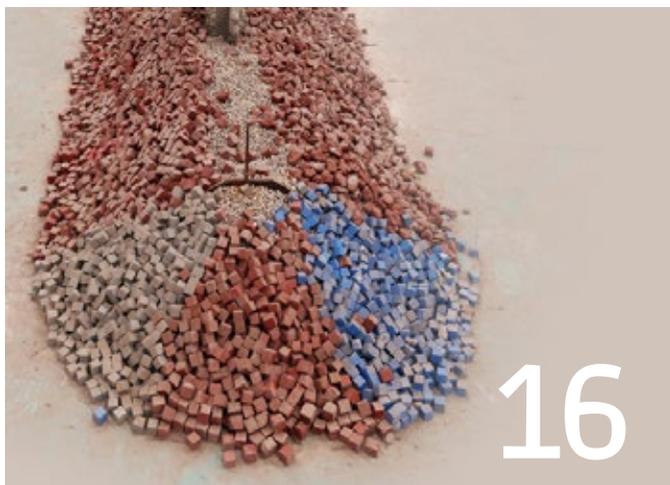
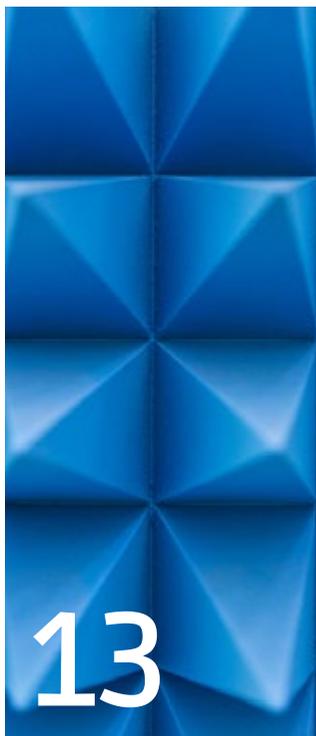


Selección Gaceta Politécnica, Año XV, Volumen 15, Núm. 173, 30 de abril de 2024, es una publicación digital mensual, editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Coordinación de Imagen Institucional, Av. Luis Enrique Erro S/N, Edificio de la Dirección General del IPN, Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México, teléfono 57296000, extensión 50041, www.ipn.mx Editor responsable: Marco Antonio Ramírez Urbina. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04 - 2019 - 060410002900 - 203, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de licitud de título y contenido No. 16017, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Domicilio de la publicación: Coordinación de Imagen Institucional: Av. Luis Enrique Erro S/N, Edificio de la Dirección General del IPN, Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México, teléfono 5729 6000, extensión 50041.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

NÚMERO 173

30 ABRIL 2024



ÍNDICE

- | | | | |
|----|--|----|---|
| 4 | Logra IPN patente por estudio sobre dengue | 24 | Influencia humana en incremento de olas de calor |
| 8 | Materiales naturales para regenerar tejido óseo | 27 | Investigan causas de fallas en soldaduras |
| 13 | IPN apoya al sector de telecomunicaciones con LaNTA | 30 | Sistema para tratar aguas residuales altamente efectivo |
| 16 | Laboratorio de Puertos y Costas para una infraestructura marítima más segura | 34 | IPN Ayer y Hoy |
| 21 | EMIDSS-6 partirá a la estratósfera desde la Antártida | | |

LOGRA IPN PATENTE POR
ESTUDIO SOBRE

DENGUE

Investigadores del CeProBi descubrieron una planta que posee un efecto larvicida sobre el vector del dengue, padecimiento que ha tenido un incremento en México y en el mundo



ENRIQUE SOTO

Científicos del Instituto Politécnico Nacional (IPN) obtuvieron una patente por descubrir que la planta *Lupinus* (leguminosa), la cual crece en regiones templadas del país, contiene compuestos naturales (alcaloides quinolizidínicos), con los que se logra controlar el desarrollo de la etapa larvaria de los mosquitos *Aedes aegypti*, vector transmisor del virus del dengue, enfermedad que en el último año afectó la salud de alrededor de 280 mil personas en México.

La directora y científica del Centro de Productos Bióticos (CeProBi), Kalina Bermúdez Torres –quien lidera al grupo que participa en la investigación–, afirmó que el estudio cobra relevancia por el aumento de los casos confirmados tanto en México como a nivel mundial. “En nuestro país se cuadruplicó entre 2022 y 2023”, puntualizó.

CAMBIO CLIMÁTICO FAVORECE DESARROLLO DEL MOSQUITO

Esto pudiera explicarse –dijo– por cambios en la distribución del vector, debido a que las condiciones para su desarrollo se han modificado favorablemente, por el aumento de las temperaturas y lluvias atípicas, ambos fenómenos relacionados con El Niño y con el cambio climático, urbanización no planificada, capacidad del vector para desarrollar resistencia a los insecticidas, pero también a la falta de estrategias efectivas para garantizar el involucramiento de la población afectada en las medidas de control.

La doctora Bermúdez sostuvo que ahora ya se encuentra el dengue en lugares templados y donde no llegaba el vector. Añadió que los síntomas de esta enfermedad se pueden confundir con los de COVID-19, porque en ambos casos se puede presentar fiebre, cansancio y dolor de cabeza, así como molestia en músculos, huesos y articulaciones, pero además el dengue puede causar sarpullido, vómito y la presencia de petequias (manchas de color rojo o marrón debido al sangrado debajo de la piel).

La doctora en Ciencias por la Universidad Federico Schiller de Jena, Alemania, expuso que la hembra es la que transmite el virus causante del dengue, pues necesita una ingesta de sangre para el desarrollo de los huevos, que son puestos en reservorios de agua limpia, motivo por el que es de vital importancia que la población incorpore medidas de control del mosquito, como cubrir los recipientes con agua, sobre todo en zonas donde está presente el insecto.

EFFECTO LARVICIDA DE PLANTA LUPINO SILVESTRE

Kalina Bermúdez Torres enfatizó que los resultados obtenidos en el marco de proyectos financiados tanto por el IPN como por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt), evidenciaron que los alcaloides quinolizidínicos de una de las especies de lupino silvestre que crecen en nuestro país (*Lupinus bilineatus*), tienen un efecto larvicida sobre el vector del dengue.

“Los alcaloides inhiben la muda de estos insectos, por lo que no pueden desarrollarse y se quedan en estado larval, lo que hace que por un lado no se desarrollen a adultos y, por el otro, permanezcan en el agua y puedan ser controlados más fácilmente. Lo que logramos demostrar es que los alcaloides quinolizidínicos tienen un efecto larvístático; ésta fue la aportación por la cual nos dieron la patente”, subrayó.



Los alcaloides quinolizidínicos de la especie *Lupinus bilineatus* tienen un efecto larvicida sobre el vector del dengue



Kalina Bermúdez Torres, científica del CeProBi, lidera al grupo que participa en la investigación





DATO DE INTERÉS

El Dengue es la enfermedad que en el último año afectó la salud de alrededor de 280 mil personas en México.



La científica politécnica –quien tiene el Nivel I en el Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI) del Conahcyt–, acentuó que los alcaloides quinolizidínicos además tienen un efecto larvicida porque también propician mortalidad en el mosquito *Aedes aegypti*.

EQUIPO TRABAJA EN OTRA PATENTE

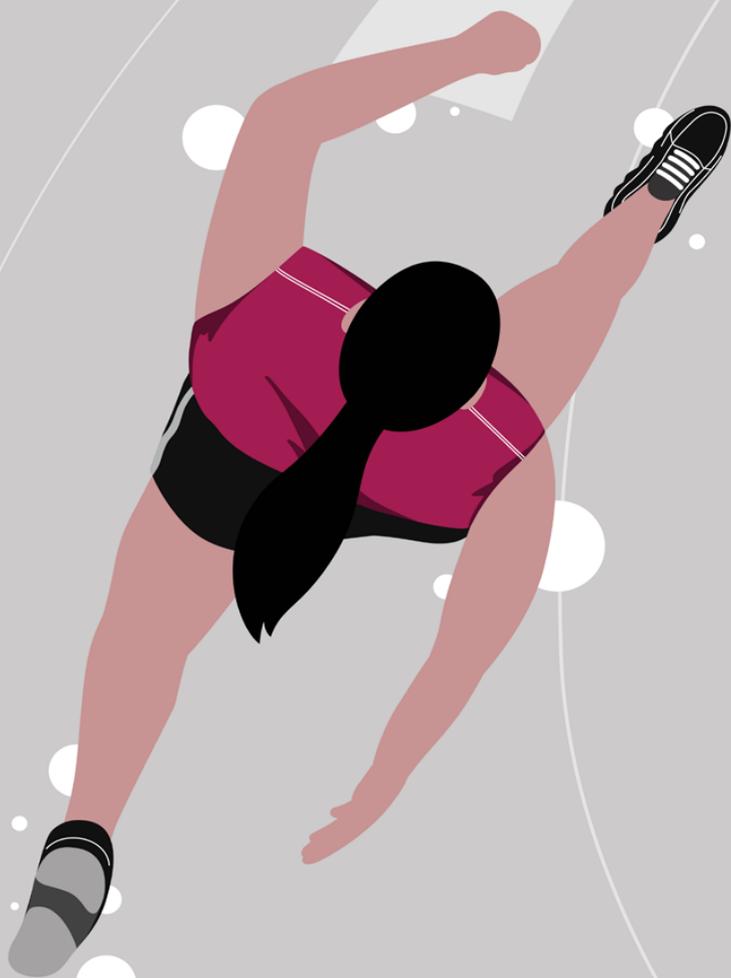
Actualmente su equipo trabaja para que con esta sustancia natural (alcaloides quinolizidínicos) se puedan producir encapsulados que actúen durante la etapa larval del insecto, a efecto de que puedan aumentar la eficacia de éstos y permitan un control sobre su eliminación, por lo que tendrían un menor impacto en el medio ambiente. “El encapsulado coadyuva a almacenar por más tiempo los alcaloides y que no se degraden. Además logra que sean liberados de forma controlada. Para el desarrollo de los encapsulados ya trabajamos en otra patente”, anunció.

Kalina Bermúdez Torres detalló que la planta *Lupinus* crece en regiones de mil 800 hasta los 4 mil metros sobre el nivel del mar. “En el continente americano es donde hay más especies, desde Canadá y Estados Unidos hasta la Patagonia (Argentina y Chile). En otras partes del mundo destaca también el Mediterráneo”, refirió.

Con este proyecto de investigación se han graduado en el nivel maestría seis estudiantes (con el tema de *Lupinus*) y dos más con el estudio del vector *Aedes aegypti* (los maestros en ciencias: Raúl Simeón Michi Flores y Wendolin Borges Coronel).

Finalmente, la investigadora del CeProBi se pronunció a favor de que las campañas de difusión para combatir el dengue sean integrales, es decir, que no sólo se promuevan desde el sector salud, sino que se incorporen como un tema de educación ambiental en las escuelas. “Todas las personas que habitan en zonas donde está presente el dengue deben participar con medidas de prevención y no esperar a que se les solucione el problema”, concluyó. 

19 DE MAYO



C A R R E R A

IPN ONCE K 2024

MUÉVETE POR LA EDUCACIÓN



Materiales naturales para regenerar TEJIDO ÓSEO

Científicas del IPN elaboran materiales para regenerar tejido óseo que son biocompatibles con el organismo y de degradación paulatina

CLAUDIA VILLALOBOS

Orientar su inventiva a la ingeniería de tejidos constituye una tarea por demás satisfactoria y entretenida para dos científicas del Instituto Politécnico Nacional (IPN), debido a que su mayor reto es crear microambientes con materiales naturales que, al ser biocompatibles, permiten simular las condiciones naturales del organismo para favorecer la interacción

de distintos tipos de células y propiciar la regeneración del tejido óseo en corto tiempo, lo cual sentará las bases de un nuevo tratamiento para personas que han sufrido traumas o pérdida de hueso causada por distintas enfermedades, entre ellas la osteoporosis.

Las investigadoras Lucía Téllez Jurado y Blanca Estela García Pérez, adscritas a la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE) y a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) respectivamente, han probado que mediante estructuras específicas (andamios) biocompatibles generadas a partir de polímeros naturales (polisacáridos) es posible la producción de tejido óseo.

GÉNESIS

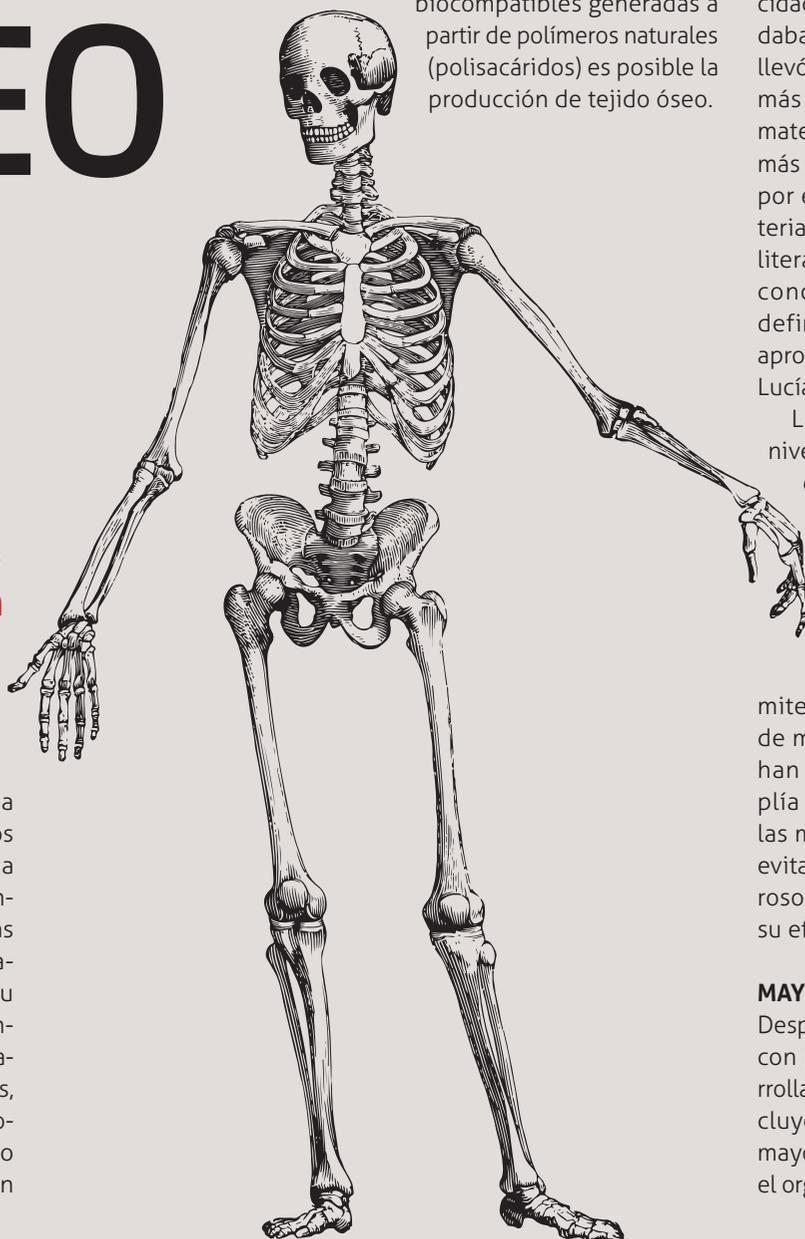
Los primeros materiales los generó la doctora Téllez Jurado hace poco más de una década y desde ese entonces se han diseñado un sinnúmero de ellos con el objetivo de encontrar una respuesta adecuada del organismo, así como buscar que cumplan con la función prevista, que es restaurar el tejido dañado, de esta forma se van definiendo las composiciones más adecuadas.

"Inicialmente se realizaban mezclas de materiales inorgánicos con materiales orgánicos sintéticos comerciales, pero algunos de ellos generaban toxicidad a las células o se degradaban fácilmente, lo que nos llevó a buscar combinaciones más adecuadas para diseñar materiales con características más cercanas a las requeridas por el organismo y crear materiales propios a partir de la literatura científica y nuestro conocimiento previo, para definir los compuestos más apropiados", refirió la doctora Lucía Téllez.

La experta, adscrita en el nivel III del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII), señaló que actualmente existen metodologías como el diseño y análisis de experimentos estadísticos que permiten predecir propiedades de materiales que aún no se han preparado, lo cual amplía la posibilidad de elegir las mejores composiciones y evitar la realización de numerosos ensayos para examinar su eficacia.

MAYOR BIOCAMPATIBILIDAD

Después de múltiples ensayos con nuevos materiales desarrollados en el Politécnico concluyeron que para conseguir mayor biocompatibilidad con el organismo, lo más adecuado





Lucía Téllez Jurado y Blanca Estela García Pérez, científicas de la ESIQIE y la ENCB, respectivamente

El objetivo es utilizar materiales naturales para la regeneración de tejido óseo, ante la pérdida de hueso por enfermedad o traumatismos

De manera natural, los polisacáridos componen la matriz extracelular, por ello las expertas politécnicas evalúan los materiales contruidos a partir de carbohidratos como el almidón para observar su desempeño.

MANTENIMIENTO Y DEGRADACIÓN

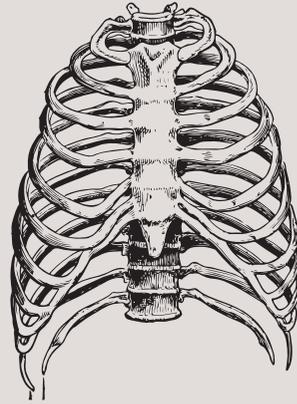
Elaborar los andamios implica alta meticulosidad. Por ello, las científicas han fortalecido su preparación en el área de la nanotecnología. Gracias a los conocimientos adquiridos han tenido la posibilidad de mejorar la estructura de los andamios mediante su construcción con nanofibras.

La doctora García Pérez, quien es integrante del SNI con el nivel III, explicó que los polisacáridos requieren de un elemento inorgánico, cuya función es conseguir que el material se conserve en su sitio y favorecer la estimulación celular para hacer que crezca el hueso.

“Para que los andamios cumplan con su misión deben funcionar como soportes para la formación de nuevo tejido

es incluir componentes naturales para evitar el rechazo e impulsar la regeneración ósea.

“Se elaboraron nuevos materiales a partir de compuestos afines con el organismo, como los carbohidratos (almidones), los cuales se encuentran en la naturaleza; debido a que el cuerpo los reconoce sin problema tenemos la certeza de que son más biocompatibles con el ser humano”, señaló la doctora Blanca Estela García.



DATO DE INTERÉS

A diferencia del papel que juega una prótesis en el cuerpo, el propósito de las investigadoras politécnicas no es sustituir el tejido óseo, sino fomentar su crecimiento.

óseo y tienen que sufrir un proceso de degradación paulatina hasta que el nuevo hueso ocupe las oquedades en tratamiento. Además, se espera que los productos de degradación del material no sean tóxicos y puedan eliminarse por las vías naturales del organismo”, explicó.

Mencionó que han probado distintos materiales naturales bioactivos que dan soporte, entre los que destaca el exoesqueleto del camarón, el cual se acondiciona para obtener algunos elementos que se incorporan al compuesto. También están examinando otros materiales extraídos de algas marinas. “Además de ser baratos, con estos productos hemos obtenido resultados alentadores”, advirtió.



Equipo de trabajo que colabora con las científicas del IPN

RESPUESTA CELULAR

A diferencia del papel que juega una prótesis en el cuerpo, el propósito de las investigadoras politécnicas no es sustituir el tejido óseo, sino fomentar su crecimiento y con ello conseguir que las personas recupe-

ren la funcionalidad natural del hueso. Por ello, imitan, en la medida de lo posible, las condiciones naturales del organismo al generar el microambiente óptimo para todas las células que intervienen en el proceso de regeneración.

Los ensayos *in vitro* tienen un avance significativo. Las formulaciones con mejores resultados son las que integran polímeros naturales. Éstas se probaron con células del hueso (osteoblastos) y observaron que permanecen viables por

PRODUCTOS GENERADOS

Como parte del proyecto se han desarrollado tres tesis de licenciatura y cinco de maestría, así como publicado artículos científicos en revistas de prestigio internacional y están en proceso tres más. Igualmente se han dado a conocer los resultados obtenidos hasta el momento en diversos congresos nacionales e internacionales.

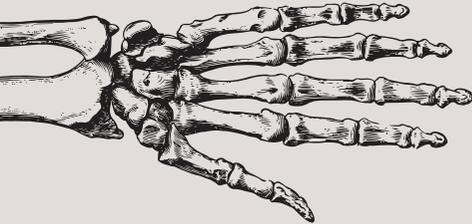
te respuesta de defensa sobre elementos ajenos.

Ante la complejidad de emular un microambiente similar al natural y conseguir una interacción armoniosa entre por lo menos 10 tipos de células que intervienen en la regeneración ósea, las investigadoras hacen diversas combinaciones de materiales en las proporciones que consideran adecuadas para cada estructura, debido a que individualmente la respuesta puede ser favorable, pero cuando incorporan otras diferentes pueden o no gustarles las condiciones y, por ello, se deben hacer ajustes hasta conseguir que todas las células interactúen armónicamente con los materiales.

“Hacemos pruebas hasta los 21 días para monitorear que esas células permanezcan viables y que vayan formando algunos elementos que ya identificamos biológicamente activos, los cuales nos dan una idea de que se está generando nuevo tejido”, detalló la doctora Blanca Estela García.

largo tiempo, lo cual permite mineralizar al formar estructuras en 3D que se asemejan al tejido óseo.

Los materiales también se evaluaron en células endoteliales (que generan nuevos vasos sanguíneos) y se valoran en células de importancia inmunológica, como los monocitos y macrófagos (que son los primeros en responder ante agentes extraños), así como en los linfocitos por su importan-





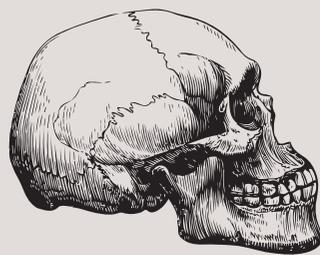
De acuerdo con los ensayos *in vitro*, se ha observado que los materiales desarrollados en el Politécnico son buenos candidatos porque su producción de mediadores inflamatorios no es significativa, lo que es señal de un buen nivel de biocompatibilidad. Una alerta de rechazo es la generación exacerbada de estos mediadores, pero no es el caso de los nuevos materiales politécnicos.

POROSIDAD BENÉFICA

No obstante que las científicas del IPN han conseguido buenos resultados al experimentar con células endoteliales, actualmente trabajan en la optimización de la porosidad de los materiales, ya que de ello depende la mejor generación de nuevos vasos sanguíneos.

Al respecto, la doctora Lucía Téllez destacó que la porosidad de los materiales juega un papel crucial en la regeneración ósea. "Entre más poroso sea éste se recrea un microambiente más parecido al natural, ya que las células tienen mayor libertad para penetrar entre los poros y con ello favorecen el crecimiento del tejido óseo", acotó.

Durante la obtención de los materiales es necesario el uso de catalizadores, ya que la



catálisis (proceso para incrementar la velocidad de una reacción química) determina el tamaño de los poros. Así que, el uso de ésta permite controlar el tamaño de poros, entre mayor cantidad de catalizador se utilice se obtienen materiales con poros de mayor tamaño. "Para conseguir orificios con dimensión idónea para todas las células que intervienen en este proceso es necesario realizar múltiples ensayos", precisó.

MODELO ANIMAL

Una vez concluidas las pruebas con células inmunológicas, el siguiente reto para las científicas del IPN es iniciar los estudios *in vivo* en un modelo animal (ratón), mediante los que corroborarán los resultados obtenidos *in vitro*: evaluar la biocompatibilidad y darle estrecho seguimiento para constatar que haya regeneración del tejido y que no

se presente rechazo agudo (inmediato o a las pocas horas) o posterior (después de días).

ADMINISTRACIÓN Y PROTECCIÓN

El objetivo de las doctoras Blanca Estela García y Lucía Téllez es implantar los materiales directamente en la cavidad donde exista el trauma, por lo que deberá tener un tamaño adecuado en cada caso. "Para que el andamio sea funcional hay que diseñarlo a la medida de cada necesidad, por ello, para conocer el tamaño y profundidad de la fractura o el trauma se emplea una imagen de tomografía que ayuda a tener una idea clara de las características y dimensión que debe tener el material", advirtió Téllez Jurado.

Refirió que se buscará que la administración de los compuestos sea mínimamente invasiva, por lo que se consideraría la posibilidad de incorporarlos mediante hidrogeles para que su administración sea inyectable en la zona específica.

Con el propósito de proteger las combinaciones y la aplicación de los nuevos materiales, en breve se iniciarán los trámites de la patente.

COLABORACIÓN INVALUABLE

Una parte fundamental en el avance del proyecto está relacionada con las aportaciones que hacen los estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado, así como de quienes realizan su servicio social o prácticas profesionales. Todos ellos, desde diferentes aristas han favorecido la generación de conocimiento de frontera, mediante el cual, además de enriquecer su formación profesional, contribuyen a mantener a la vanguardia el conocimiento científico y tecnológico de esta casa de estudios. 

PROBABLES APLICACIONES

Inicialmente, los nuevos materiales fueron pensados para regenerar traumas o enfermedades de los huesos, no obstante, una vez que se haya probado su eficacia y biocompatibilidad, las doctoras Blanca Estela García y Lucía Téllez consideran que podrían tener otros usos, por ejemplo, para regeneración de hueso en la cavidad oral (paladar hendido) o de la mandíbula.

Además, proyectan elaborar, bajo el mismo principio de andamios, materiales para la regeneración de piel enfocados al tratamiento de llagas en pacientes postrados en cama o con problemas de pie diabético, los cuales podrían aplicarse en la zona específica mediante películas o parches.





Centro Mexicano para la Producción más Limpia



Doctorado en Energía

Energías Alternas

Sistemas Bioenergéticos

Energías Convencionales y
Eficiencia Energética

✓ TIEMPO PARCIAL
O COMPLETO

✓ MODALIDAD
ESCOLARIZADA

✓ PERTENECIENTE AL
SNP



Registro de aspirantes:

**15 de marzo al
17 de mayo de 2024**

PARA MAYOR INFORMACIÓN

cmpl.ipn.mx

IPN apoya al sector de telecomunicaciones con LaNTA

El laboratorio está acreditado por la EMA y cuenta con trazabilidad internacional por parte del Centro Nacional de Metrología para medir campos radiados

ZENaida ALZAGA

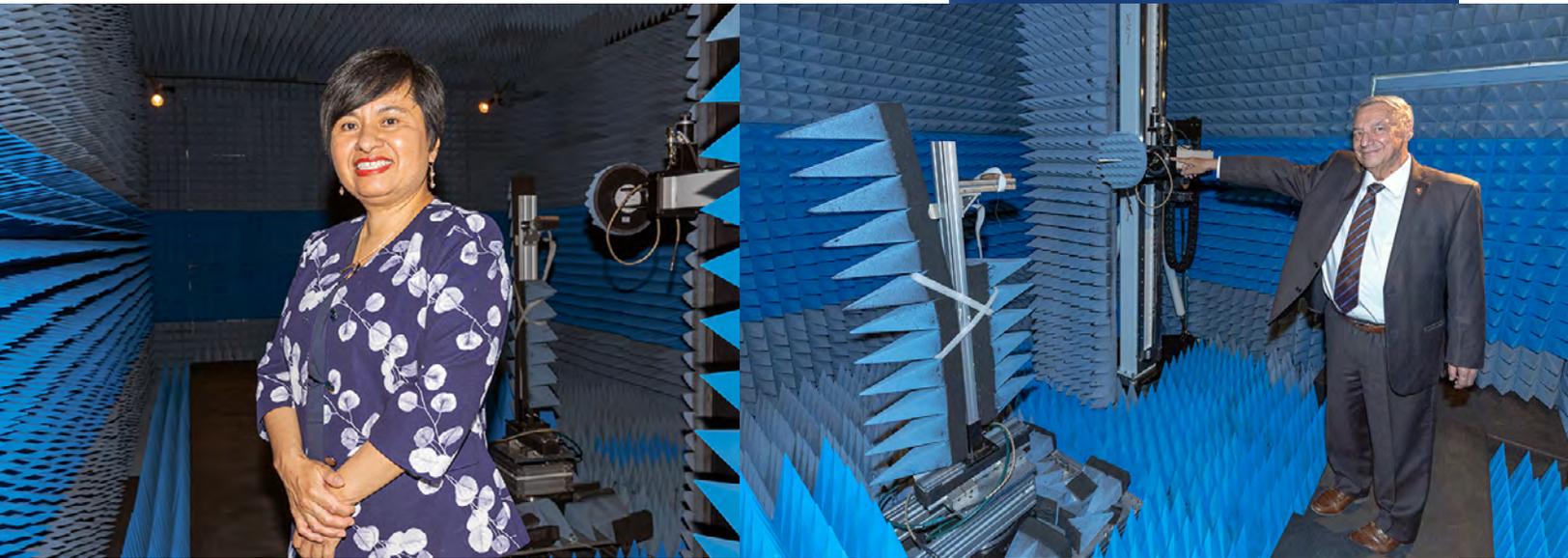
El Instituto Politécnico Nacional (IPN) cuenta con el Laboratorio Nacional de Telecomunicaciones y Antenas (LaNTA) de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), Unidad Zacatenco, el cual posee certificaciones nacionales e internacionales, además de personal especializado, lo que coloca a esta casa de estudios, como la única institución de educación superior pública en brindar apoyo a este sector estratégico para el progreso y desarrollo del país.

El laboratorio tiene una acreditación de la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C. (EMA) con trazabilidad internacional por parte del Centro Nacional de Metrología, para medir campos radiados y caracterizar antenas en el intervalo de frecuencias de 700 Mhz a 18 Ghz, que se instalan en redes de comunicaciones tanto en México, Centroamérica, Sudamérica y Europa.

DATO DE INTERÉS

La cámara anecoica electromagnética es un cuarto aislado a interferencias externas y se utiliza para realizar la caracterización de las antenas





Maestra Fabiola Martínez y doctor Jorge Roberto Sosa, catedráticos de la ESIME Zacatenco y responsables del LaNTA

En este sentido, el doctor Jorge Roberto Sosa Pedroza y la maestra Fabiola Martínez Zúñiga, catedráticos de la ESIME Zacatenco y responsables del LaNTA, explicaron que, para realizar la caracterización de las antenas, cuentan con una cámara anecoica electromagnética donde miden los campos radiados.

La cámara anecoica electromagnética es un cuarto aislado a interferencias externas; todo su interior está cubierto de material que absorbe la energía electromagnética radiada por la antena evitando reflexiones no deseadas. El recubrimiento se forma con pirámides hechas de poliuretano impregnado con material ferromagnético, lo que asegura que la radiación de una antena sólo puede ser recibida en la dirección de la sonda de medición de frecuencias de radio o televisión, con el objeto de medir la energía que irradia la antena en todas las direcciones.

Utiliza una mesa giratoria que permite medir la radiación en 360° y un brazo (mástil) que sube y baja para obtener entre 20 y 40 datos en su movimiento vertical; los datos son captados por un analizador de redes conectado a una computadora, la cual procesa la información obtenida dentro de la cámara, y el resultado indica la forma de radiación de la antena y otras características. Es decir, a través del manejo de la cámara anecoica, los expertos pueden caracterizar dispositivos electromagnéticos desde los 700 megahertz (Mhz) hasta 18 Gigahertz (Ghz), con lo que se cubre prácticamente muchas de las bandas de comunicaciones del país.

Sosa Pedroza indicó que la antena es un dispositivo metálico que emite y recibe ondas electromagnéticas para canalizar la potencia a una dirección específica, acorde a sus dimensiones y longitud de onda de la señal de radiofrecuencia emitida.

En el Laboratorio Nacional de Telecomunicaciones y Antenas participan el doctor Jorge Sosa Pedroza y los M. en C. Fabiola Martínez Zúñiga, Rodrigo del Villar Ramírez y Alejandro Trejo León, el cual es un espacio enfocado a la docencia, investigación, vinculación, innovación y el conocimiento en los niveles superior y posgrado (maestría y doctorado). También crean dispositivos electromagnéticos, principalmente antenas para atender las comunicaciones terrestres y estaciones terrenas para satélites, entre otros.

A través del manejo de la **cámara anecoica** se pueden caracterizar dispositivos electromagnéticos para cubrir muchas de las bandas de comunicaciones del país



Antena desarrollada por LaNTA

En el laboratorio verifican que las antenas no tengan deficiencias que puedan afectar la recepción de las telecomunicaciones del territorio nacional

La investigación que se realiza en el laboratorio les ha permitido aplicar una nueva forma de medir antenas (utilizando una ecuación integral del siglo XIX), cuyo proceso se denomina "Medición de antenas usando la ecuación de Pocklington", y recibirá en breve el número de registro de la patente ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). El proceso tiene la ventaja de que puede hacerse en lugares abiertos sin la necesidad de una cámara anecoica.

El Politécnico tiene recursos humanos altamente capacitados e infraestructura única en cuanto a las instituciones de educación pública del nivel superior para diseñar, construir, modelar, probar y caracterizar las antenas que se emplean, por ejemplo, en la telefonía celular y en la red 5G con el apoyo de la cámara anecoica.

Jorge Roberto Sosa agregó que en el laboratorio verifican que las antenas no tengan deficiencias mecánicas que pudieran afectar la recepción y calidad propias de las telecomunicaciones del territorio nacional; comprueban el funcionamiento de las redes satelitales; realizan análisis de servicio de calidad y cobertura en comunicaciones, entre otras.

Actualmente, el LaNTA cuenta con la acreditación como Laboratorio de Calibración y Ensayo

bajo la norma NMX-t17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y de calibración para el área de Antenas y Campos Electromagnéticos Radiados, expedido por la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C.

Lo anterior, permite que los productos que califiquen y certifiquen de las entidades públicas o privadas puedan comercializarse en países de Europa, por ejemplo, porque también tienen certificado expedido por el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) para llevar a cabo sus funciones.

Por último, los expertos señalaron que, recientemente, el LaNTA trabajó en el diseño de la cobertura del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec que beneficiará a los habitantes de 72 municipios de Oaxaca y Veracruz; en el diseño de la Red Troncal de Sonora que conectará a todas las poblaciones de la entidad y a las entidades gubernamentales del estado, casi todas concentradas frente al Golfo de California, así como en el desarrollo de las normas para medición de sistemas de comunicaciones de seguridad de la Secretaría de Gobernación, entre otros proyectos. 



Equipo de trabajo



LABORATORIO DE PUERTOS Y COSTAS

para una infraestructura
marítima más segura

Este laboratorio analiza la interacción entre las costas y océanos para definir proyectos viables a los **sectores industriales y turísticos**

ROCÍO CASTAÑEDA

Los estados costeros de la República Mexicana, flanqueados por el Océano Pacífico y el Golfo de México, representan grandes retos y oportunidades para la ingeniería civil marítima, área fundamental para desarrollar infraestructura acorde y segura en esas regiones, por lo que cobra relevancia la existencia y operación del Laboratorio de Puertos y Costas, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), el cual se ubica en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA), Unidad Zacatenco.

Este espacio cobra gran relevancia por su proyecto de rompeolas

DATO DE INTERÉS

Por décadas este laboratorio ha participado en el diseño de muelles, puertos y rompeolas, así como en estudios de impacto ambiental sobre las costas mexicanas.



Oscar Cruz Castro, especialista con amplia experiencia en ingeniería de océanos y costas



En este laboratorio, dirigido por el doctor Oscar Cruz Castro, se analiza la interacción entre las costas y océanos, lo que permite definir proyectos viables, principalmente para los sectores industriales y turísticos, a través de la modelación física y numérica.

"Para esto se realizan varias pruebas de forma física con un modelo reducido, corroboramos el diseño geométrico, el nivel de agitación de las aguas oceánicas y a partir de ello determinamos las inferencias correctas en el proyecto para trasladarlo a un diseño seguro y con un alto grado de certidumbre en la realidad", explicó el especialista, quien es catedrático en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIA Zacatenco.

Ejemplo de la importancia de este espacio politécnico es un proyecto de rompeolas diseñado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que a través de la Gerencia de Estudios en Ingeniería Civil solicitó a la ESIA presentar una propuesta técnica y económica para desarrollar el "Estudio Experimental en Modelo Físico en tres dimensiones de la agitación en el interior de la Terminal Marítima de Salina Cruz, Oaxaca".

OLAS EN ZACATENCO

El laboratorio, que consta de casi mil 500 metros cuadrados de superficie, fue creado en la década de los 60 con la visión de que era una pieza fundamental para probar estructuras marítimas, y la única forma de saber si funcionaban o fallaban era construirlas sin bases científicas y esperar resultados, aunque esto significaba pérdidas económicas.



Playa para absorción del oleaje

Este espacio aloja un tanque de oleaje tridimensional, con una playa de enrocamiento en el extremo opuesto al generador para absorción del oleaje; también un tanque prismático, con generador de oleaje irregular para arrastre de barcos y generación de corrientes; un sistema de adquisición de datos con 8 canales para muestrear datos, y un amplificador de señal de sensores de oleaje con 8 canales. Además de un generador hidráulico de olas de tipo pistón con unidad hidráulica, un canal de olas, utilizado para realizar estudios de estabilidad de rompeolas y estabilidad de protecciones costeras en dos dimensiones.

Por décadas este laboratorio ha participado en el diseño de muelles, puertos y rompeolas, así como en estudios de impacto ambiental sobre las costas mexicanas, también define las afectaciones costa arriba y costa abajo a las playas adyacentes y, en caso de existir desarrollos turísticos, las soluciones para evitarlas.

LABORATORIO NACIONAL DE INGENIERÍA FLUVIOMARÍTIMA

En conjunto con el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) y un pequeño Laboratorio de Mecánica de Fluidos de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), los laboratorios de Puertos y Costas, así como el de Ingeniería Hidráulica de la ESIA Zacatenco, recibieron la reacreditación como Laboratorio Nacional de Ingeniería Fluviomarítima (LANIFLUMAR), por parte del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt).

Con ese respaldo y ante la urgente necesidad de renovar el equipo del Laboratorio de Puertos y Costas, el doctor Oscar Cruz está abocado en conseguir recursos para adquirir un generador de olas y una grúa viajera, entre otros requerimientos, para este espacio, el más grande de todas las instituciones de educación superior del país.

"Estamos en la búsqueda de recursos a través del Conahcyt y del Politécnico,



Necesitamos ejércitos de ingenieras e ingenieros para diversos proyectos, y si están especializados en **ingeniería marítima el impacto será mayor para diseñar mejor las estructuras**



José Abraham Caffani Gutiérrez, responsable del Laboratorio de Ingeniería Hidráulica

al demostrar que proyectos como el de Salina Cruz tienen una aplicación real en la construcción y en la economía del país”, recalzó.

De contar con equipo de vanguardia, el Laboratorio de Puertos y Costas estaría en posibilidad de realizar proyectos que en el extranjero pueden costar hasta 300 mil dólares. “La inversión sería alta porque se requieren equipos sofisticados, aunque retribuida por los futuros proyectos”, alentó el especialista con amplia experiencia en ingeniería de océanos y costas.

APORTACIONES A LA SOCIEDAD

“El impacto social de este laboratorio es incuantificable. Hablamos de educación, de proyectos para las y los estudiantes politécnicos, así como de la experiencia que les permitirá sobresalir en el campo laboral porque difícilmente alguien lleva ese tipo de conocimiento para transferirlo a la mejora de los proyectos y de la sociedad”, señaló.

En este sentido, Oscar Cruz Castro forma parte del Comité Institucional de Seguridad y Resiliencia del IPN y, como coordinador del área de hidrometeorología, recientemente acudió –con otros especialistas– a Acapulco para revisar las

estructuras costeras y muelles luego del paso del huracán Otis, con el objeto de estudiar la mejor forma de evitar en el futuro ese tipo de daños.

“Nuestra colaboración es en términos de resiliencia, cómo mejorar las estructuras de tal forma que bajo condiciones similares no ocurra lo mismo y transmitir ese conocimiento a las y los estudiantes porque es importante desarrollar ese tipo de sinergia entre nuestros alumnos, profesores y la sociedad”, comentó.

LABORATORIO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

Este laboratorio apoya con prácticas a estudiantes de licenciatura y posgrado, quienes fortalecen la teoría adquirida en las aulas, a la vez que está disponible para trabajar de forma externa y atender problemáticas en el área hidráulica continental o marítima, y todas las relacionadas con el tema del agua.

El maestro en Ciencias José Abraham Caffani Gutiérrez, responsable de estas instalaciones, que datan de 1965, explicó que el laboratorio está compuesto por dos áreas: experimental y didáctica. La primera cuenta con una consola de controles, tanque de carga constante, cárcamo de bom-

El titular del Laboratorio de Puertos y Costas es egresado del **CECyT 11 “Wilfrido Massieu”** y de la **ESIA Zacatenco**, cursó su maestría y doctorado en la Universidad Texas A&M, Estados Unidos, con especialidad en el área de Ocean Engineering

beo, tanque de aforos volumétricos, canal de Rehbock, canal de pendiente variable, tanque de olas, canal de olas y de arena, así como área de modelos hidráulicos.

La segunda incluye un canal de pendiente variable, mesa de Reynolds, torre de oscilación, túnel de viento, red de tuberías y banco hidrostático, entre otros.

La experiencia acumulada por los integrantes del Laboratorio de Ingeniería Hidráulica y sus aportaciones a variados proyectos tanto de optimización experimental de obras hidráulicas como de tratamiento y análisis de problemas especiales generan conocimiento que fortalece la formación de las y los estudiantes que contribuyen al desarrollo del país. ♀

Estudia tu Posgrado en CITEDI

Conoce nuestro Programa de Maestría en Ciencias en Sistemas Digitales



Maestría



Sé parte de este Centro de Investigación con prestigio internacional y forja un futuro sólido en temas de frontera que transformarán tu mundo.

Áreas de conocimiento:

- Aprendizaje de máquina
- Aprendizaje profundo
- Ciencia de datos
- Cómputo cuántico
- Inteligencia artificial aplicada a la salud humana
- Internet de las cosas
- Medicina matemática
- Navegación de vehículos autónomos
- Procesamiento opto-digital de imágenes
- Sistemas mecatrónicos complejos

maestria.citedi.mx

Programa en
modalidad escolarizada

Reconocido por el
Sistema Nacional de Posgrados de

Para más información
da click aquí:

<https://citedi.mx/miposgrado>



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

EMIDSS-6

partirá a la estratósfera desde la Antártida



El módulo llevará a bordo sensores ambientales para el desarrollo de un experimento orientado a la identificación de contaminantes del aire

ZENaida ALZAGA

Por primera vez en su historia, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) participará en una misión suborbital a la estratósfera desde la Antártida, coordinada por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) y la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) de Estados Unidos, con el módulo EMIDSS-6 (Experimental Module for the Iterative Design for Satellite Subsystems versión 6).

El módulo llevará a bordo sensores ambientales, así como la primera etapa de instrumentación para el desarrollo de un experimento orientado a la identificación de contaminantes del aire utilizando técnicas de análisis de imágenes y reconocimiento de patrones.

La misión se prevé para finales de diciembre de este año y principios de enero del 2025, desde la Base McMurdo de Estados Unidos, localizada en el extremo sur de la Isla Ross cerca de Nueva Zelanda (Polo Sur de la Tierra), la cual es operada por el Programa Antártico del país estadounidense (USAP, United States Antarctic Program), organismo encargado de llevar a cabo investigación científica en la región.

El doctor Mario Alberto Mendoza Bárcenas, investigador del Centro de Desarrollo Aeroespacial (CDA) y líder del proyecto, informó que recientemente, el grupo de trabajo recibió la invitación de la NASA para participar en la misión especial FY25 a la Antártida con el EMIDSS-6, que tendrá una trayectoria de una revolución en 15 días, equivalente a una vuelta a la Tierra, a bordo de globos de superpresión (SPB) que permiten alcanzar un alto nivel de flotación.



Mario Alberto Mendoza Bárcenas,
investigador del CDA y líder del proyecto

16

Kg será el peso
aproximado del
módulo



Base McMurdo de Estados
Unidos en la Antártida

Como parte de los objetivos del módulo, está el desarrollo de la primera etapa de instrumentación para la identificación de contaminantes, principalmente microplásticos en la estratosfera, mediante un sistema de captura de imágenes del entorno relacionadas con la altitud durante el ascenso de la plataforma hasta su punto máximo de flotación.

El vórtice polar es un sistema persistente de alta presión que forma un patrón de circulación atmosférica único sobre la Antártida y la luz diurna que persiste en la región, es propicia para fluctuaciones mínimas de temperatura del día hacia la noche en el globo, lo que permite que éste mantenga una altitud constante durante un periodo más amplio de tiempo.

Bajo estas condiciones ambientales, el módulo EMIDSS-6 podrá recabar y almacenar datos a bordo que permitan desarrollar gráficos para conocer la caracterización del entorno

El proyecto “Desarrollo del módulo de carga útil AEM-OPTIC-1 para la plataforma suborbital EMIDSS-6” está registrado ante la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP), del Politécnico, con la clave SIP-2024-RE/004



EMIDSS-6 podrá recabar datos que permitan conocer la caracterización del entorno estratosférico



Una característica de los vuelos que se realizan desde la Antártida es que se pueden llevar a cabo **pruebas de largo plazo**, es decir, las misiones estarían a nivel de flotación durante 15 a 20 días

estratosférico en latitudes bajas mediante el uso de tecnología mexicana aeroespacial, y que, además, permitirá operar como una prueba de concepto para el futuro diseño de misiones espaciales con objetivos científicos y tecnológicos en una región del planeta con atmósfera pura o limpia (prístina) porque está alejada de las grandes ciudades.

El también catedrático de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), Unidad Zacatenco, indicó que una característica de los vuelos que se realizan desde la Antártida es que se pueden llevar a cabo pruebas de largo plazo, es decir, las misiones estarían a nivel de flotación durante 15 a 20 días, tiempo en el cual, se debe de garantizar que el instrumento tenga suficiente energía para el registro de información de los sensores, del adecuado funcionamiento de las cámaras de alta resolución, aunado a elementos de óptica para la observación del entorno polar.

Mendoza Bárcenas señaló que el EMIDSS-6 también validará los sistemas de instrumentación basados en componentes tipo COTS, el registro de variables ambientales a través de sensores (para medición de humedad, temperatura, humedad relativa y radiación UV), así como de dispositivos de grado comercial.

El módulo contará con una computadora a bordo, basada en un microcontrolador de grado comercial de 32 bits, desarrollada entorno al microcontrolador RP2040, el cual han utilizado con éxito en anteriores misiones suborbitales. La estructura metálica estará basada en un perfil de aluminio en forma de un prisma rectangular de entre 30 y 40 centímetros de altura, alrededor de 50 centímetros de profundidad (largo), y un peso aproximado de 16 kilogramos.

Alumnos de varias unidades de la ESIME y del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) trabajan en el diseño y desarrollo de la estructura y de las protecciones térmicas, basado en perfiles estructurales para la instalación de los dispositivos electrónicos a bordo del instrumento.

En el mes de julio, los expertos de la NASA someterán al EMIDSS-6 a estrictas evaluaciones técnicas y de compatibilidad electromagnética con base en los estándares establecidos en su Programa de Globos Científicos, para que, al cierre de año, la carga útil participe en la misión suborbital desde la Antártida.

Mendoza Bárcenas indicó que el equipo de trabajo de la misión espacial estará integrado por expertos del IPN, el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología y del Instituto de Ingeniería, ambos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el ITESO y el Molina Center for Energy and the Environment (MCE2).

Como parte del grupo científico que participa en el proyecto EMIDSS-6, se encuentran académicos del Centro de Tecnologías Ambientales (CETAM) de la Universidad Técnica Federico Santa María en Valparaíso, Chile, y su participación estará enfocada en el postanálisis y validación de los datos obtenidos por sensores ambientales que estarán instalados a bordo del módulo durante su vuelo sobre la Antártida.

La experiencia técnica del grupo chileno incluye el lanzamiento de 20 globos sonda sobre la cordillera de los Andes en 2023 para la detección de Ozono en dicha región del planeta, por lo que representa una fuente importante de apoyo para el planteamiento de experimentos a bordo, así como el análisis y verificación de datos atmosféricos de la plataforma suborbital mexicana. ♀

DATO DE INTERÉS

La misión se llevará a cabo desde la base McMurdo de Estados Unidos, localizada en el extremo sur de la Isla Ross cerca de Nueva Zelanda (Polo Sur de la Tierra).

INFLUENCIA HUMANA
EN INCREMENTO DE

OLAS DE CALOR



NESTOR PINACHO

La Comisión Nacional del Agua (Conagua), a través del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), informó que se prevé que sean cinco las olas de calor que impacten a todo el territorio nacional entre los meses de marzo y junio de este año: Sonora, Baja California, Coahuila y Nuevo León serán los estados más afectados.

Por lo anterior, el doctor Enrique de Jesús Morales Acuña, investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Sinaloa, indicó que la temperatura

mundial de marzo de 2023 a febrero de 2024 se ha registrado como la más alta en la historia, con un promedio de entre 0.5 y 0.68 por encima del promedio. Las temperaturas estuvieron también 1.56 por encima del promedio preindustrial que es el que va desde 1850 a 1900.

Las olas de calor, explicó el especialista, "son eventos anómalos donde la temperatura del aire sobrepasa un valor umbral, vienen asociadas a bloqueos atmosféricos y anticiclones, que son sistemas de alta presión persistentes en un lugar específico en los que existen

DATO DE INTERÉS

La temperatura mundial de marzo de 2023 a febrero de 2024 se ha registrado como la más alta en la **historia**, con un promedio de entre 0.5 y 0.68 por encima del promedio.





Mientras no se cierre la brecha que existe entre la ciencia y las políticas públicas, el panorama no podrá mejorar



Enrique de Jesús Morales Acuña, investigador del CIDIR Sinaloa (primero de derecha a izquierda) con equipo de trabajo

movimientos descendentes de masas de aire que ocasionan una baja nubosidad y precipitaciones nulas”.

Las investigaciones realizadas por el doctor Morales Acuña en Sinaloa han arrojado datos reveladores respecto a la relación entre el aumento de temperatura en esta entidad y la emisión de gases de efecto invernadero, lo cual, indicó, “es clara evidencia de la perturbación que nosotros como seres humanos le estamos haciendo al sistema climático”.

“Evaluamos emisiones de gases de efecto invernadero, producto de las actividades agrícolas y encontramos una tendencia creciente en el CO₂, NO_x, metano, amonio y otras variables que están muy asociadas a los incrementos de temperatura que hemos obtenido en los análisis realizados a través de información satelital y mediciones *in situ*”, informó.

A través de datos proporcionados por el Sistema Meteorológico Nacional y del Conjunto de datos climáticos del Copernicus, el investigador y su equipo evaluaron el año 2023 dentro de un periodo que va desde 1981 a 2023, y encontraron que la temperatura media osciló entre 20 y 38 grados centígrados, siendo los municipios costeros de la zona norte, así como la zona sur del estado los más afectados por los incrementos detectados, que van desde 0.01 hasta 0.05 grados centígrados por año. Las proyecciones que han realizado tampoco son alentadoras: se prevé bajo el escenario RCP¹ 8.5 del IPCC² que de 2041 a 2060 los incrementos serían de hasta 0.15 grados centígrados por década.

“Estamos acelerando un proceso que era natural”, señaló el doctor Morales Acuña y afirmó que mientras no se cierre la brecha que existe entre la ciencia y las políticas públicas, el panorama no podrá mejorar.

Resaltó, además, la importancia de tomar en cuenta que las olas de calor no son un evento netamente continental, sino que tienen influencia desde la parte oceánica y destacó la necesidad de evaluar los cambios que existen tanto en la atmósfera como en el océano y cómo éstos interactúan.

El especialista señaló algunas acciones que los gobiernos podrían implementar para mitigar el impacto de estas olas de calor: la siembra de árboles, la identificación de islas de calor, el cambio hacia el uso de pavimentos fríos y, sobre todo, conciencia respecto a la contaminación que el ser humano ejerce.

También emitió algunas recomendaciones para la población ante las inminentes olas de calor para estos meses: no hacer actividades ni salir a la calle entre 12 del día y cuatro de la tarde porque la radiación solar es más intensa y las temperaturas son más altas; tomar mucho líquido, no hacer actividades físicas, evitar ir a los gimnasios en estas temporadas, usar ropa muy delgada con colores vivos y estar en ambientes muy abiertos, no cerrados. 

¹ Sendas Representativas de Concentración (RCP, por sus siglas en inglés)

² Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés)



COPERNICUS

Es el Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea; su función es observar el medio ambiente para entender mejor los cambios ambientales que se producen en el Planeta, el por qué de éstos y su influencia en nuestra vida para contribuir a la protección del ambiente y a la salud de los ciudadanos.

Investigan causas de fallas en soldaduras

El estudio va orientado a analizar por qué los materiales fallan y si esto se debe a uniones por soldadura para poder establecer técnicas que garanticen el desempeño seguro de las soldaduras durante su vida útil

ADDA AVENDAÑO

La soldadura es considerada como un proceso de fabricación secundario; sin embargo, desde el punto de vista de la ingeniería es fundamental para la construcción de estructuras y máquinas de todo tipo y tamaño, que han contribuido con el desarrollo de la humanidad.

La unión o fusión de piezas mediante el uso de calor y/o presión que dan origen a un componente para desempeñar una función específica ha progresado a través del tiempo, gracias al estudio, análisis y empleo de las diferentes disciplinas involucradas en esta actividad. Su entendimiento y correcta aplicación son fundamentales para evitar situaciones inherentes que podrían ocasionar accidentes o catástrofes.

Consciente de su importancia, el doctor Ricardo Rafael Ambriz Rojas, docente del Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (Ciitec), del Instituto Politécnico Nacional (IPN), quien se ha dedicado al estudio del comportamiento mecánico y unión de materiales, particularmente de soldadura de materiales metálicos, desarrolló un proyecto de investigación denominado: "Efecto de la alta rapidez de deformación en soldadura de materiales empleados en la industria automotriz que presenta daño por fatiga".



Ricardo Rafael Ambriz Rojas, catedrático del Ciitec

FALLAS EN LAS UNIONES DE LOS MATERIALES METÁLICOS

Uno de los objetivos fundamentales del estudio encabezado por el profesor e investigador del Ciitec fue analizar qué tan confiables son las uniones de los metales para entender los mecanismos de daño y establecer técnicas de unión que puedan utilizarse en un futuro para sustentar con

bases científicas el desempeño seguro de las soldaduras durante su vida útil.

"En la línea de investigación que desarrollamos en el Ciitec, nos interesa conocer y analizar por qué los materiales fallan, si esto se debe a uniones por soldadura u otro tipo de adherencia, las condiciones bajo las cuales están funcionando, la capacidad que tienen para soportar ciertas solicitaciones de carga, al diseño y el tipo de material utilizado, entre otros", explicó el doctor en Ciencias en Metalurgia y Ciencias de los Materiales.

A la unión de los materiales también deben sumarse las consecuencias del calor, los cambios físicos bruscos que sufren los materiales durante el proceso de soldadura que los afecta en su microestructura o las condiciones en operación, tales como: cargas cuasiestáticas debido a sobrecarga, cargas cíclicas (fatiga) o cargas dinámicas o súbitas ocasionadas por impactos, lo cual expone a los materiales unidos por soldadura a funcionar en situaciones bajo las cuales las fallas pueden ser todavía más probables.

Ambriz Rojas informó que cuando se diseñan o fabrican piezas de estructuras metálicas, generalmente se consideran las propiedades elásticas de los materiales, es decir, un rango de operación donde no existe deformación permanente; sin embargo, tanto en materiales utilizados en su condición inicial o en soldaduras, existen situaciones que rebasan ese límite y se debe conocer el comportamiento mecánico con el propósito de que sean capaces de soportar la carga y desempeñarse adecuadamente sin que existan fallas que pongan en riesgo el desempeño de la soldadura y el componente soldado.

De ahí la importancia de conocer el comportamiento mecánico-metalúrgico de los materiales y cuál será su uso para desarrollar componentes o piezas que puedan ser más seguros. En este proyecto, en particular, se analizó la pauta mecánica y metalúrgica de las uniones en materiales metálicos utilizados en la industria automotriz como son los aceros de alta resistencia y baja aleación, aceros inoxidables superausteníticos (composición de cromo, níquel, molibdeno y nitrógeno), superaleaciones base níquel (IN718), así como aleaciones de aluminio y de base cobre.



FRUCTÍFERO TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

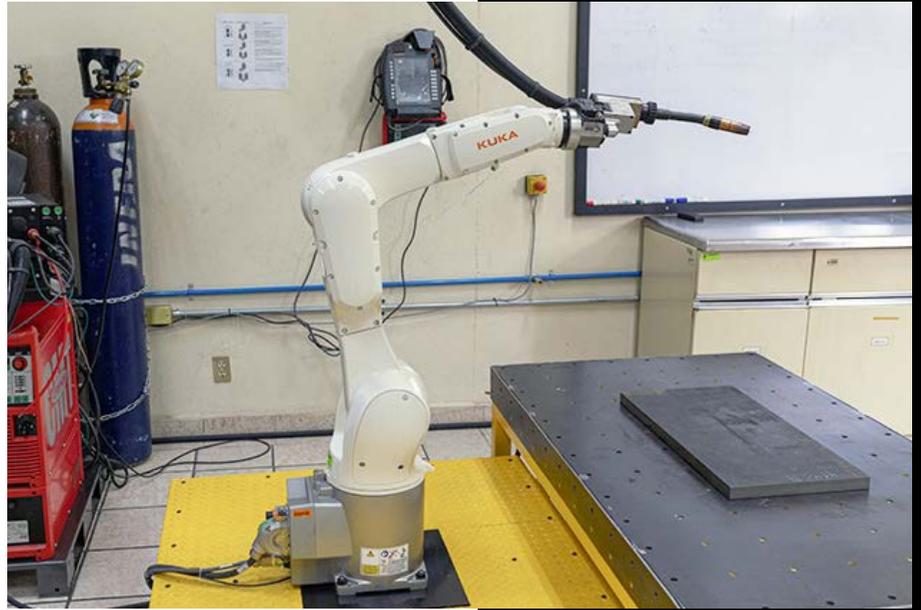
El Ingeniero Mecánico destacó que el proyecto de investigación planteaba conocer el efecto de las cargas estáticas o cuasiestáticas (lentas o muy lentas), cíclicas o de fatiga (que van deformando el material paulatinamente) y dinámicas (generadas por un impacto) que pueden cambiar la geometría o la forma de los materiales metálicos y las condiciones de funcionamiento de las soldaduras.

“Hay un mecanismo de formación del agrietamiento, desde que existen grietas muy pequeñas, posteriormente estas grietas crecen, coalescen (se unen con otras grietas) y dan origen a una grieta macroscópica o principal, la cual crece en dirección perpendicular a la aplicación del esfuerzo nominal principal. Regularmente, las grietas que se distinguen a simple vista, ya tienen todo un trayecto, no aparecen de un momento a otro, existe un daño previo que sería necesario detectar”, afirmó el integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII).

Derivado del minucioso trabajo de investigación y la participación de estudiantes de posgrado en el proyecto mencionado, fue posible generar 4 tesis doctorales y 4 de maestría, con sus respectivos artículos científicos, entre los que destaca el análisis de soldadura en aleaciones de aluminio mediante el proceso de transferencia de metal en frío o *cold metal transfer* con la utilización de un sistema automatizado a través de un brazo robótico.

Los proyectos de Doctorado y Maestría en Tecnología Avanzada desarrollados por estudiantes del Ciitec se basan en el análisis del crecimiento de grietas bajo la aplicación de cargas cíclicas de impacto, efecto de cierre inducido mediante deformación compresiva localizada en la punta de la grieta, análisis microestructural y comportamiento a la fatiga en uniones soldadas con el proceso GTAW, esfuerzos residuales en uniones por resistencia eléctrica de puntos y/o la aproximación a la rapidez de propagación de grieta mediante el método del elemento finito extendido.

Adicionalmente, se desarrollan proyectos para analizar la evaluación del historial de carga en materiales metálicos sujetos a fatiga mediante técnicas experimentales

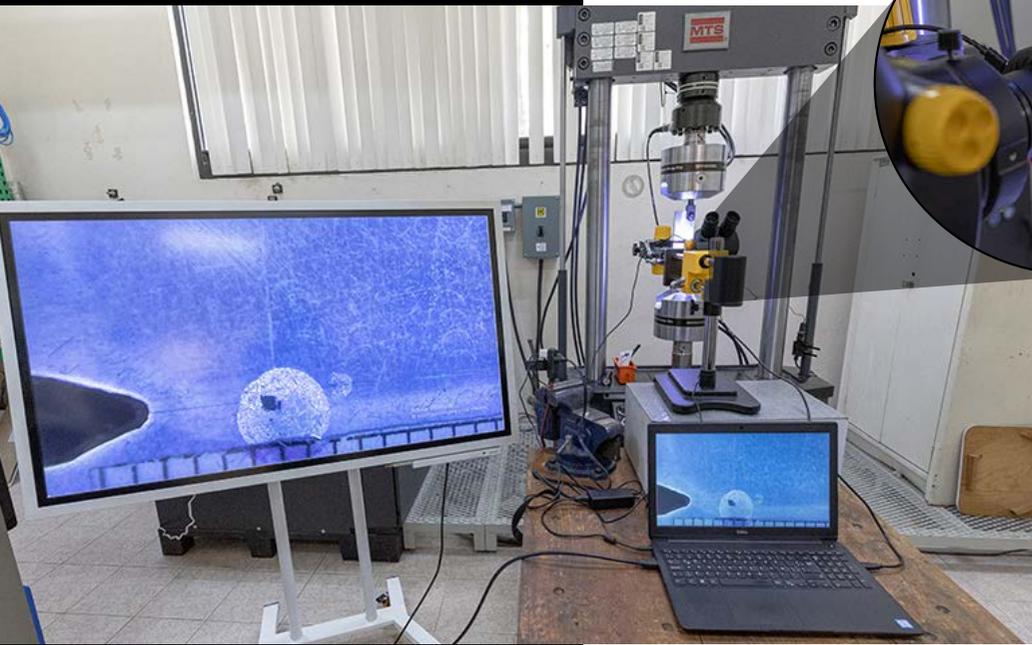


Brazo robótico usado en el proceso de soldadura en frío (transferencia de metal en frío)

no destructivas, tales como la resistencia eléctrica, la correlación digital de imágenes, así como el análisis del comportamiento a la fatiga biaxial en soldadura de aleaciones de aluminio y aceros.

Para la realización de los experimentos, los estudiantes del Ciitec desarrollan una serie de mecanismos e instrumentos que les permiten reproducir las condiciones de fatiga o impacto de los materiales metálicos. Uno de ellos es una rueda inercial,





Deformación de la punta de la grieta

Técnica de deformación compresiva localizada para alterar la punta de la grieta y retardar el crecimiento de la misma



DATO DE INTERÉS

Los defectos en la soldadura son fallas, irregularidades e imperfecciones formadas en la unión de piezas o estructuras. Las causas principales son el método de soldadura, la elección incorrecta de los materiales o cargas cíclicas (fatiga de los materiales).

en la cual se pueden ensayar materiales a diferente rapidez de deformación (distintas condiciones de impacto). También diseñaron una torre de caída libre en la que se pueden someter a impacto estructuras de envergadura media utilizando diversas geometrías de proyectil. Con estos equipos es posible analizar el efecto de la rapidez de deformación en soldadura de materiales cuando existe una carga súbita o impacto.

NUEVA TÉCNICA PARA RETRASAR LAS GRIETAS

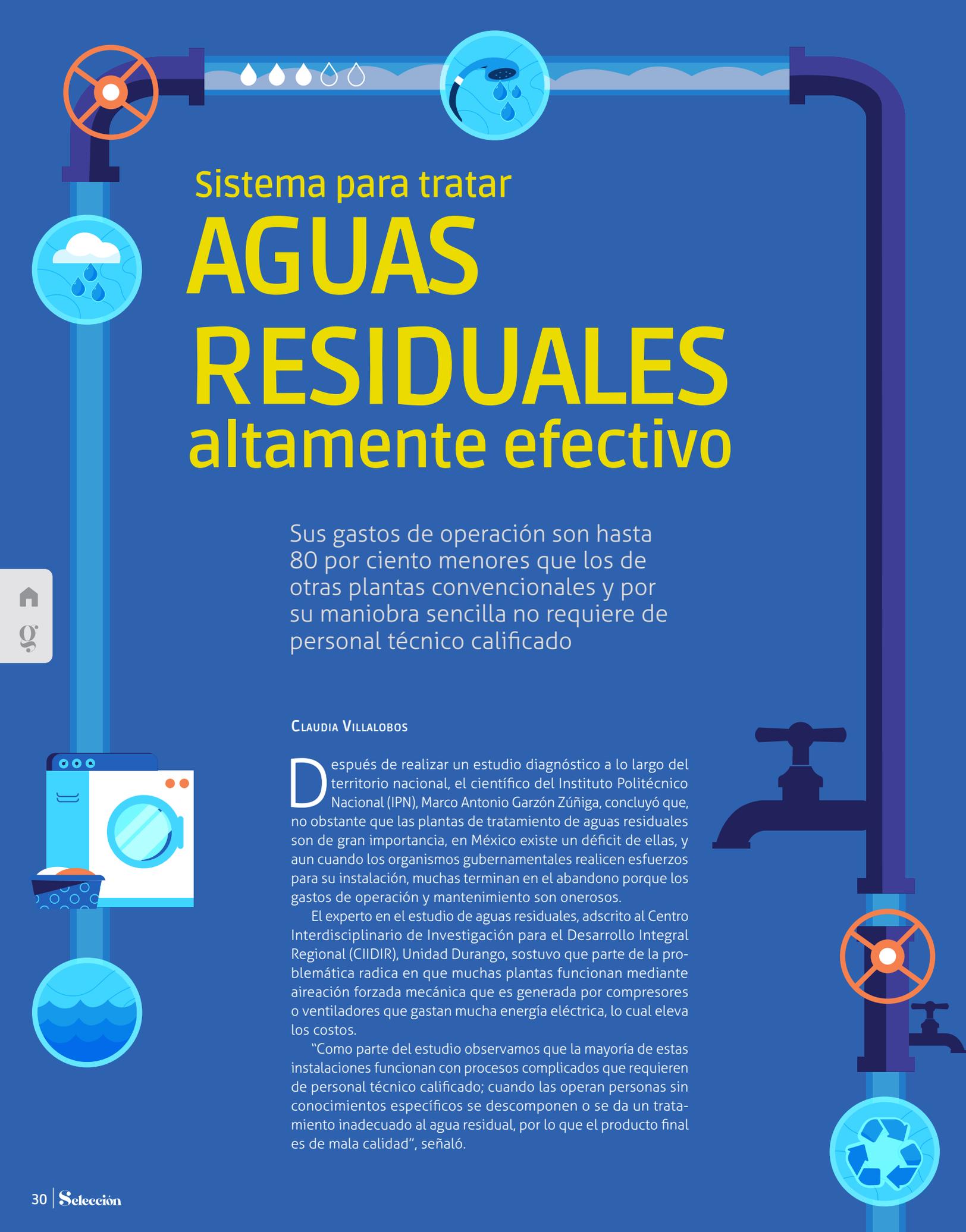
La técnica denominada *deformación compresiva localizada* es una propuesta original del grupo de investigación, que consiste en la aplicación de fuerza opuesta que deforma de manera compresiva, a diferentes magnitudes, la punta de la grieta, lo que permite retardar el crecimiento de la misma. Esta técnica se encuentra en proceso de patentamiento.

“Cuando se identifica a la grieta, se aplica carga de compresión, entonces se forma una perturbación que genera deformación que cambia el estado de esfuerzos en la punta de la grieta, ocasio-

nando que la grieta detenga su crecimiento, hasta que debido a la acumulación de ciclos de carga de fatiga logra vencer ese estado, pero eso le representa bastante tiempo, incrementando la vida a la fatiga del componente”, indicó el profesor e investigador del Politécnico.

Esa acción, desarrollada por los investigadores del Ciitec, ha permitido extender la vida de componentes agrietados que se encuentran en operación. Además, diseñaron un dispositivo portátil para utilizar en campo, el cual también está en proceso de patente.

El doctor Ricardo Rafael Ambriz Rojas lamentó que en México existan pocas personas dedicadas a la investigación en soldadura. Actualmente, son profesionales de otras disciplinas como ingenieros mecánicos, civiles, eléctricos o metalúrgicos, entre otros, que se han dedicado a la investigación en este campo, pero es un área muy importante que debería ser considerada como una formación inicial de ingenieros, los cuales podrían continuar con sus estudios de posgrado en el área de soldadura, para contribuir al desarrollo del país. 



Sistema para tratar AGUAS RESIDUALES altamente efectivo

Sus gastos de operación son hasta 80 por ciento menores que los de otras plantas convencionales y por su maniobra sencilla no requiere de personal técnico calificado

CLAUDIA VILLALOBOS

Después de realizar un estudio diagnóstico a lo largo del territorio nacional, el científico del Instituto Politécnico Nacional (IPN), Marco Antonio Garzón Zúñiga, concluyó que, no obstante que las plantas de tratamiento de aguas residuales son de gran importancia, en México existe un déficit de ellas, y aun cuando los organismos gubernamentales realicen esfuerzos para su instalación, muchas terminan en el abandono porque los gastos de operación y mantenimiento son onerosos.

El experto en el estudio de aguas residuales, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Durango, sostuvo que parte de la problemática radica en que muchas plantas funcionan mediante aireación forzada mecánica que es generada por compresores o ventiladores que gastan mucha energía eléctrica, lo cual eleva los costos.

"Como parte del estudio observamos que la mayoría de estas instalaciones funcionan con procesos complicados que requieren de personal técnico calificado; cuando las operan personas sin conocimientos específicos se descomponen o se da un tratamiento inadecuado al agua residual, por lo que el producto final es de mala calidad", señaló.



DATO DE INTERÉS

Las actividades humanas no son las mismas a lo largo del día, por lo que la composición del agua residual cambia continuamente.

Marco Antonio Garzón Zúñiga, científico experto en el estudio de aguas residuales del CIIDIR Durango

Para solventar esas problemáticas, el doctor Garzón Zúñiga desarrolló un sistema cuyo costo de construcción es equivalente al de otras infraestructuras de este tipo, pero de maniobra sencilla y con bajo gasto de energía eléctrica. “El monto de la instalación es equiparable al de otras plantas, sin embargo, la desarrollada en el Politécnico no requiere de personal técnico especializado, ya que para ser operario no se necesitan conocimientos específicos, los responsables de su maniobra son capacitados durante una o dos semanas y generalmente son personas que viven en las zonas de instalación”, expuso.

TRIPLE FILTRACIÓN

Para garantizar que el agua tratada cumpla con los estándares previstos en las normas correspondientes, la tecnología del CIIDIR Durango se diseñó a partir de filtraciones de tres tipos: física, fisicoquímica y biológica, cada una con el propósito de remover distintos tipos de contaminantes.

El experto politécnico mencionó que antes de la biofiltración se realiza un pretratamiento mediante rejillas para remover basuras y quitar arenas con un desarenador.

Subrayó que las actividades humanas no son las mismas a lo largo del día, por lo que la composición del agua residual cambia continuamente, así como lo hace en época de lluvias o de sequía, así que la planta diseñada en el Politécnico está provista de un reactor cuya función es homogenizar la calidad del fluido.

Después del pretratamiento, mediante tuberías, el agua en tratamiento se pasa a otro reactor que utiliza materiales orgánicos naturales capaces de realizar las tareas de filtración física, fisicoquímica o adsorción y biofiltración.

Se lleva a cabo una filtración física para eliminar partículas en suspensión del agua residual (natas y materiales que quedan atrapados en el material filtrante).

El agua entra por la parte superior del filtro, por gravedad atraviesa la cama de materiales naturales y mediante filtración fisicoquímica se separan del agua compuestos químicos sintéticos que existen en productos de uso diario como champú, crema, cosméticos, además de residuos de medicamentos, entre otros. Esta remoción se realiza con un método de adsorción química, útil para retener o degradar algunos contaminantes disueltos que son difíciles de quitar con otros procesos.



Buscaremos que el producto final sea un agua apta para el riego de los cultivos y con ello **contribuir a la producción de alimentos** para el autoconsumo familiar



El sistema de tratamiento de aguas residuales del IPN opera con bajo gasto de energía eléctrica y no requiere de personal especializado

La mayoría de las plantas de tratamiento terminan en el abandono porque su operación y mantenimiento son onerosos

El último paso de depuración es de tipo biológico. Conforme desciende el agua pasa por los filtros orgánicos sobre los cuales crecen distintos grupos de bacterias que crean una comunidad microbiana, cuya función es degradar contaminación disuelta que no se logró retener mediante la filtración física y fisicoquímica.

“El proceso biológico renueva toda la filtración, esa es la innovación de nuestro sistema, porque a medida que desciende el agua cambia su composición y se depura paulatinamente hasta que sale por el fondo con las características de agua residual regenerada y reutilizable en otras actividades”, precisó el especialista adscrito en el nivel I del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII).

CONCESIÓN E INSTALACIÓN

Marco Antonio Garzón Zúñiga refirió que debido a que los filtros están contruidos con materiales naturales, una parte de éstos se degrada lentamente con el tiempo y después de 4 o 5 años es necesario remplazarlos.

“El servicio de mantenimiento se realiza a través de la empresa Ingeniería Hidráulica e Hidrológica de Durango S. A. de C. V., a la cual se le otorgó la concesión de la tecnología mediante una licencia de explotación no exclusiva”, señaló el especialista del IPN con más de 20 años de experiencia en el estudio de aguas residuales.

Además del mantenimiento, la compañía está autorizada para llevar a cabo el diseño e instalación del sistema a la medida de las necesidades específicas de quien lo requiera, ya que el principio básico es el mismo, pero éste se adapta de acuerdo con el volumen de agua que se procesará y la concentración y tipo de contaminantes, entre otros aspectos que se consideran en un estudio previo para que la tecnología cumpla eficientemente con su propósito.

A diferencia de otras plantas de tratamiento, los gastos de operación de la tecnología desarrollada en el IPN son menores porque no requiere de productos químicos como coagulantes y floculantes, lo cual, aunado al poco consumo de energía y a que no se requiere de mano de obra calificada, disminuye los costos de maniobra y mantenimiento hasta 80 por ciento, en comparación con plantas de tratamiento convencionales como las de lodos activados.



Biofiltración sobre cama orgánica

“Esto implica una oportunidad para promover la instalación de nuestro sistema y, de esa forma disminuir el uso de líquido potable en actividades que pueden realizarse con agua regenerada”, advirtió el especialista del IPN.

DOS PLANTAS

El sistema de tratamiento de aguas residuales ya funciona en escala real en dos plantas. Una se ubica en un pequeño hotel de un centro turístico en Puerto Escondido, Oaxaca, mientras que la segunda trata aguas residuales municipales en una zona particular de fraccionamientos en la ciudad de Durango y las aguas regeneradas de ambas se utilizan para el riego de áreas verdes.

“Al ser una tecnología apropiada para tratar aguas residuales domésticas o municipales, se recomienda instalarla en escuelas, instituciones, centros de investigación, fraccionamientos, condominios, hoteles, centros ecoturísticos (cabañas) ubicados en las montañas o en el campo”, mencionó el experto.

El doctor en ingeniería civil por la Universidad Laval de Quebec, Canadá, agregó que el sistema también tiene gran utilidad para renovar aguas residuales de granjas porcícolas o de bovinos, así como en industrias textiles de colorantes e incluso petroleras.

UNA OPCIÓN PARA AFRONTAR LA SEQUÍA

El investigador politécnico explicó que las sequías producidas por el cambio climático y las lluvias intempestivas que son poco aprovechadas por la falta de tiempo para infiltrarse, humectar adecuadamente el suelo y recargar

DATO DE INTERÉS

La tecnología del CIIDIR Durango se diseñó a partir de filtraciones de tres tipos: física, fisicoquímica y biológica.

10

años lleva conformado el equipo de trabajo del doctor Marco Antonio Garzón con el doctor Juan Manuel Viguera Cortés



Es cada vez más importante contar con sistemas de tratamiento de aguas residuales que sean adecuados y económicos para regenerar este fluido



30

alumnos de diversas instituciones han participado en el proyecto mediante el desarrollo de sus trabajos de tesis

los mantos acuíferos, son factores que influyen en una menor disponibilidad del vital líquido.

“Por ello es cada vez más importante contar con sistemas de tratamiento de aguas residuales que sean adecuados y económicos para regenerar este fluido”, sostuvo el doctor Marco Antonio Garzón, quien desde sus primeros años mostró gusto por la ciencia, la naturaleza y el cuidado del agua.

COMBINACIÓN DE TECNOLOGÍAS

El desarrollo de esta tecnología aplicada de biofiltración sobre cama orgánica es una clara muestra de la inventiva de los científicos politécnicos. La siguiente etapa de esta línea de investigación que se realiza en el CIIDIR Durango desde 2014, se enfocará en combinar esta técnica con otra desarrollada en ese centro para ofrecer una alternativa en zonas áridas y semiáridas para usar agua regenerada en la producción de alimentos para consumo de animales domésticos y humanos.

“De esa manera podremos impactar en las comunidades en donde predomina la escasez del agua y que, como consecuencia de ello, tienen problemas económicos porque la poca o nula disponibilidad del vital líquido les impide sembrar sus tierras. Buscaremos que el producto final sea un agua apta para el riego de los cultivos y con ello contribuir a la producción de alimentos para el autoconsumo familiar”, precisó el experto del IPN.

COLABORADORES

El desarrollo científico y tecnológico requiere de la aportación de diversas disciplinas. Detrás de este sistema hay casi una década de investigación, tiempo en el que se diseñaron distintos proyectos que confluyeron en esta innovadora tecnología en la que colaboró y formó un equipo de trabajo desde hace 10 años con el doctor Juan Manuel Viguera Cortés, adscrito al CIIDIR Durango.

Asimismo el doctor Garzón Zúñiga ha contado con la aportación de la doctora Blanca Estela Barragán Huerta, de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB); del doctor Iván Moreno Andrade, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Campus Juriquilla; de los doctores Liliana García Sánchez y Edson Estrada Arriaga, ambos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), además del doctor Patrick Drogui del Instituto Nacional de Investigación Científica de Quebec, en Canadá y del doctor Gerardo Bahena de la Universidad Laval y el Centro de Investigación Industrial de Quebec, en Canadá.

La tecnología del CIIDIR Durango utiliza tres filtraciones para garantizar que el agua tratada cumpla con los estándares previstos en las normas correspondientes



El sistema de tratamiento de aguas residuales funciona en dos plantas y las aguas regeneradas de ambas se utilizan para el riego de áreas verdes

El CIIDIR Durango no imparte estudios a nivel licenciatura, no obstante, alrededor de 30 alumnos del Instituto Tecnológico de Durango (ITD), de la Universidad Politécnica de Durango (Unipoli Dgo), de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), de la Universidad Tecnológica de Rodeo, Durango (UTRodeo) y del Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiari, de Durango (ITSSP) han participado en el proyecto mediante el desarrollo de sus trabajos de tesis.

El doctor Garzón Zúñiga informó que las personas interesadas en la instalación de este sistema en fraccionamientos, escuelas, instituciones, empresas o industrias pueden solicitar informes con el ingeniero Sergio Salazar López, especialista de la empresa Ingeniería Hidráulica e Hidrológica de Durango, la cual cuenta con la licencia de explotación comercial de la patente. 

40 ANIVERSARIO del CeProBi



PRESIDENCIA DEL DECANATO

Entre los diversos centros de investigación con que cuenta el Instituto Politécnico Nacional (IPN) hay uno que destaca, particularmente, por su fundación y trayectoria, es el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CeProBi), ubicado en Yautepec, Morelos, y este año celebra 40 años de la publicación de su acuerdo de creación.

El CeProBi nació como un laboratorio de investigación básica en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), se llamó originalmente Laboratorio de fisiología general y vegetal, adscrito al Departamento de Botánica. Fue fundado en 1940 por el doctor Manuel Castañeda Agulló, quien llegó al país como parte

del éxodo de científicos españoles exiliados por la guerra civil que se vivía en España en los años treinta.

Este laboratorio ganó fama por la calidad de los trabajos ahí desarrollados y por la rígida disciplina científica que el maestro Castañeda implantó, transformándolo en el más importante núcleo de investigación de la ENCB en Santo Tomás y por ende en el Politécnico Nacional. Desde sus inicios las investigaciones en el laboratorio de fisiología se enfocaron a las plantas, centrándose en especies mexicanas de interés popular como el tomate y la vainilla; también se estudiaban aquellas que contuvieran enzimas proteolíticas en altas concentraciones.



Vista panorámica del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos

En los años setenta, por diversas circunstancias financieras, administrativas e incluso educativas, el laboratorio de fisiología dio un giro, cambió su nombre por el de Laboratorio de Biofísica Molecular de la ENCB, con lo cual decidió meterse de lleno al terreno del desarrollo tecnológico. La inclusión de objetivos más amplios en las actividades del laboratorio requirió enfrentarse tanto al desarrollo de métodos de escala piloto para llevarlos a escala industrial como a investigaciones de cultivo dirigidas a la domesticación de plantas silvestres como el cuaguayote y la oreja de liebre, entre otras, así como a la optimización del cultivo de papaya para producir papaína.

Con el propósito de cumplir con las investigaciones de cultivo, se consiguió que el comisario ejidal del municipio de Yautepec, Morelos, cediera un terreno de 15.5 hectáreas, donde se instaló la Estación Experimental Agrobiológica *El Cuaguayote*, la cual se convirtió después en el Campo Experimental Emiliano Zapata. En 1972, la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA), del IPN, creó el Laboratorio de Desarrollo de Productos Naturales del Departamento de Asesoría al Sector Ejidal (DASE), con tres objetivos:

1. Aprovechar las investigaciones básicas realizadas en el Laboratorio de Biofísica Molecular de la ENCB, con fines prácticos.
2. Crear agroindustrias con ejidatarios y pequeños propietarios para el aprovechamiento de los recursos bióticos en sus zonas respectivas.
3. Proporcionar asesoría en lo concerniente a productos naturales, especialmente los de origen vegetal.

En cuanto al tercer punto, el laboratorio brindó en varias ocasiones asesorías a grupos de ejidatarios y pequeños propietarios. Además del campo experimental de Yautepec, se establecieron otros en Atlapa, Guerrero; Espinal, Veracruz; Miaatlán, Morelos, y China, Campeche.

Para 1980 y ante los logros alcanzados por el laboratorio, las autoridades del IPN y de la COFAA consideraron transformarlo en el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CeProBi); en 1982 dejó de pertenecer a la COFAA y pasó a ser un centro de investigación del Politécnico. Su acuerdo de creación se publicó en abril de 1984 en la *Gaceta Politécnica*. En ese documento se establecieron los objetivos del CeProBi:

- a. Realizar investigación orientada a proponer soluciones a los problemas regionales y crear tecnología requerida para promover el desarrollo regional, en las áreas de su competencia.
- b. Promover la creación de agroindustrias para producir enzimas, colorantes y otros



productos bióticos, con el objeto de sustituir importaciones.

- c. Establecer cursos de graduados para formar recursos humanos, capaces de desarrollar investigación científica y tecnológica tendiente al mejor aprovechamiento de los recursos bióticos del país.
- d. Favorecer la descentralización de la investigación y de los recursos de graduados del IPN (...) en concordancia (...) con las escuelas, centros y unidades del Instituto Politécnico Nacional.

Fueron designados como directora y director adjunto del CeProBi, la doctora Luz María del Castillo y el doctor Manuel Castañeda Agulló. El 31 de mayo de 1999 se aprobó por el Consejo General Consultivo (CGC) del IPN, el Acuerdo por el que se dispone la autorización del Plan de estudios del Programa de Maestría en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos, que se impartirá en el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN, dicho acuerdo se publicó en la *Gaceta Politécnica* del mes de junio del mismo 1999; en septiembre del año 2000 ingresó al Padrón de Programas de Excelencia (actualmente Padrón Nacional de Posgrados) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). En el año 2003 se

comenzó a impartir el doctorado en Desarrollo de Productos Bióticos.

En el centro, la formación de recursos humanos ha sido una preocupación fundamental, en esta actividad los resultados son satisfactorios, siendo un hecho reconocido a nivel nacional que por los laboratorios que le dieron origen han pasado una buena cantidad de estudiantes y colaboradores, los cuales después se han desarrollado con gran éxito y reconocimiento en diversos ámbitos tanto académicos como industriales.

En la actualidad los tres departamentos académicos que conforman el CeProBi: Biotecnología, Desarrollo Tecnológico e Interacciones Planta-Insecto realizan investigaciones y desarrollo tecnológico que vinculan con escuelas y centros del mismo Politécnico, así como con diversas instituciones educativas nacionales y extranjeras, lo cual es muestra del reconocimiento alcanzado por el CeProBi a través de sus egresados y sus trabajos aportados al país. ¶

Fuentes consultadas: *Gaceta Politécnica*, año XXI, núm. 8, marzo-abril de 1984, p. 12; *Gaceta Politécnica*, año XXXV, vol. 3, núm. 424, 15 de junio de 1999, pp. 24-25; Briones Martínez, Roberto, "Centro de Desarrollo de Productos Bióticos", en *Setenta años de Historia del Instituto Politécnico Nacional*, tomo IV, México, IPN, Presidencia del Decanato, 2006, pp. 397-404, y García Bernal, Silvia Mónica, *Los maestros del exilio español en el Politécnico*, México, IPN, 2012.

El laboratorio
brindó en varias
ocasiones
asesorías a
grupos de
ejidatarios y
pequeños
propietarios



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
"La Técnica al Servicio de la Patria"

