



SECTEI | RED ECOS

# INFORME DE PROYECTOS EN EL MARCO DE LA RED ECOS



**INFORME  
DE PROYECTOS  
EN EL MARCO  
DE LA RED ECOS**



# DIRECTORIO

**Dr. Martí Batres Guadarrama**

JEFE DE GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

**Dra. Jesús Ofelia Angulo Guerrero**

SECRETARIA DE EDUCACIÓN, CIENCIA,  
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Dra. Lorena Sofía Orozco Orozco**

SUBSECRETARIA DE CIENCIA,  
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Mtro. Uladimir Valdez Pereznuñez**

SUBSECRETARIO DE EDUCACIÓN

**Dr. Juan Luis Díaz de León Santiago**

DIRECTOR GENERAL DE CIENCIA, DIVULGACIÓN  
Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS

**Mtro. Juan José González Moreno**

DIRECTOR GENERAL DE CÓMPUTO  
Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**Mtra. María Estela del Valle Guerrero**

DIRECTORA GENERAL DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

**Mtro. Hugo Escobedo Mejía**

DIRECTOR EJECUTIVO DE EDUCACIÓN  
DE BACHILLERATO Y ESTUDIOS SUPERIORES

**Mtra. Nayeli del Milagro Hernández Barba**

DIRECTORA GENERAL DE PLANEACIÓN  
Y EVALUACIÓN ESTRATÉGICA

**Lic. Paulo César Martínez López**

DIRECTOR GENERAL DE ENLACE INTERINSTITUCIONAL

**Mtra. Claudia Liliana Sánchez Carmona**

DIRECTORA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN Y FINANZAS

**Lic. Marco Antonio Rosas de la Vega**

DIRECTOR EJECUTIVO JURÍDICO NORMATIVA

**Lic. Alejandra Márquez Torre**

DIRECTORA GENERAL DEL FIDEICOMISO  
BIENESTAR EDUCATIVO

**Arq. Javier Ariel Hidalgo Ponce**

COORDINADOR GENERAL DEL SUBSISTEMA  
DE EDUCACIÓN COMUNITARIA, PILARES

**Mtro. Julio Pérez Guzmán**

DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO  
DEL DEPORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO

**Mtra. Silvia Estela Jurado Cuéllar**

DIRECTORA GENERAL DEL INSTITUTO  
DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

**Dra. Alma X. Herrera Márquez**

DIRECTORA GENERAL DE LA UNIVERSIDAD  
ROSARIO CASTELLANOS

**Dra. Lilia Elena Monroy Ramírez de Arellano**

DIRECTORA GENERAL DE LA UNIVERSIDAD DE LA SALUD

**Dr. Hegel Cortés Miranda**

DIRECTOR GENERAL DE LA ESCUELA  
DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación

Barranca del Muerto 24, Guadalupe Inn, Alvaro Obregón, Ciudad de México, 01020

Primera edición, julio de 2024

Distribución gratuita, prohibida su venta

## AGRADECIMIENTOS

La Sectei expresa su más profundo agradecimiento a la doctora **Claudia Sheinbaum Pardo**, en su calidad de jefa de Gobierno y ahora presidenta electa, cuya visión innovadora y convocatoria nos inspiraron y guiaron.

Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento a la doctora **Rosaura Ruiz Gutiérrez**, entonces titular de la Sectei, por su liderazgo en la creación y coordinación de la RED ECOS.

Agradecemos sinceramente a todos los integrantes de la RED ECOS, cuyo respaldo y dedicación hicieron posible este esfuerzo.

## EQUIPO EDITORIAL SECTEI

### Coordinación general

Dra. Jesús Ofelia Angulo Guerrero

Dra. Lorena Sofía Orozco Orozco

### Responsables de la revisión de artículos

Dra. Paola Rebeca Arteaga López

Dra. Nubia Caballero Mendieta

Lic. Eduardo Contreras Sánchez

Ing. Yolanda Cruz Venegas

Mtra. Enith Fidelia Fuentes Martínez

Ing. Benigno Antonio González Núñez

Biol. Silvia Hansen Bernal

Mtra. Nayeli del Milagro Hernández Barba

Lic. Alejandro Jiménez Carbajal

Dr. René Salvador López Cabrera

Lic. Rogelio Artemio Morales Martínez

Lic. Cristian Daniel Morales Reyes

Mtra. Sara Muñoz Mejía

Dra. Lorena Sofía Orozco Orozco

Mtra. Rosalía Reyes Espinosa

Lic. Alejandro Rodríguez Torres

Mtra. Alba Inés Sánchez Vázquez

### Corrección de estilo

Dra. María Antonia Rodríguez del Castillo

Lic. Eréndira Guerrero Durán

### Diseño editorial

Lic. Daniel Moreno Alanís



# INFORME DE PROYECTOS EN EL MARCO DE LA RED ECOS



# ÍNDICE

## 009 PRESENTACIÓN

### 011 CIENCIAS DE LA SALUD

- 012 Predictor de riesgo poligénico
- 014 Control de hiperglucemia e insuficiencia renal
- 016 Mejora de la calidad de vida de pacientes con microtia, amputación de miembros torácicos y con daño cerebral adquirido
- 020 Prueba diagnóstica para hipertensión
- 021 Neuro-Ortesis funcional
- 022 Rehabilitación neuromuscular
- 024 Exposición a contaminación atmosférica
- 026 Gesto motor fundamental en taekwondoínes
- 028 Trampas extracelulares del neutrófilo
- 030 Salud del corazón en jóvenes y adultos
- 031 Termómetro infrarrojo
- 032 Imagen molecular PET para el estudio de enfermedades neurodegenerativas
- 033 Daño renal en la enfermedad poliquística
- 034 Líquido viscoelástico en el proceso degenerativo del cartílago articular
- 036 El reloj circadiano
- 038 Vasoinhibina para su uso terapéutico en la retinopatía diabética
- 040 La simulación clínica en la enseñanza médica
- 042 La microbiota intestinal y factores de riesgo en pacientes con diabetes mellitus gestacional
- 044 Los primeros mil días de vida para contribuir a disminuir la obesidad infantil

### 047 PROYECTOS COVID-19

### 071 CIENCIA Y SOCIEDAD

- 072 Jardines temáticos del IPN
- 074 Yo también soy CDMX
- 076 Diversidades e igualdad sustantiva en el bachillerato UNAM
- 078 Derechos Culturales y humanos en comunidades indígenas urbanas
- 080 Minería de datos y redes neuronales artificiales
- 081 Difusión de los servicios ecosistémicos que proporcionan las áreas naturales

## 083 DESARROLLO SUSTENTABLE Y CAMBIO CLIMÁTICO

- 084 Atlas del Agua Subterránea del Acuífero de la Ciudad de México
- 085 Diseño y prototipo de mototaxi
- 086 Ciclotaxi de la Ciudad de México
- 088 Conversión de bus de pasajeros RTP
- 090 Diseño de tren motriz eléctrico para microbús
- 092 Sistemas para hibridar vehículos de combustión interna
- 094 Laboratorio de evaluación de tecnologías vehiculares
- 096 Desarrollo de materiales avanzados
- 098 Equipamiento de laboratorios para la certificación de biocombustibles
- 100 Laboratorio de Innovación en Bioenergía
- 102 Mejora de procesos en Planta de Biodiésel
- 104 Biorrefinerías para el manejo sostenible de lirio acuático en los canales de Xochimilco
- 106 Dispositivos basados en microsensores para el monitoreo continuo de la calidad del aire
- 108 Diseño de dispositivo móvil y fijo para el monitoreo de la calidad de aire
- 110 Emisiones de COV y NOX asociadas a altas concentraciones de ozono en la ZMMV
- 112 Purificación del aire, tratamiento de residuos orgánicos y cultivo de microalgas
- 114 Concreto nanocompuesto polimérico con óxido de grafeno y arcilla bentonita-lys
- 116 Desarrollo de materiales biodegradables como adsorbentes de contaminantes
- 118 Caracterización de residuos sólidos
- 119 Incorporación de residuos plásticos en un proceso real de composteo
- 120 Pruebas rápidas para detectar compuestos no autorizados en plásticos “compostables”
- 122 Impactos ambientales de las bolsas de plástico de un solo uso
- 124 Red de Laboratorios de Sustentabilidad Alimentaria (Red LabSA)
- 126 Parcela agrovoltaica, sostenible y educacional, PASE
- 128 Colecta y propagación de plantas nativas
- 130 Crasuláceas mexicanas

- 132 Manejo de suelos volcánicos en la porción sur de la cuenca de la Ciudad de México
- 134 Conservación de los servicios hidrológicos y la biodiversidad en San Miguel Topilejo
- 136 Agentes asociados a la declinación y muerte de las palmeras de la Ciudad de México
- 138 La Etiqueta Chinampera
- 140 Tratamiento y reúso *in situ* de aguas residuales en espacios públicos
- 142 Tratamiento de agua residual para el aseguramiento hídrico del Río Magdalena
- 144 Aprovechamiento del agua de lluvia en cauces naturales y presas artificiales
- 146 Recuperación hídrica en los pedregales del Xitle y cuenca del Río Magdalena
- 148 Remoción de patógenos en efluentes y lodos de plantas de tratamiento
- 150 Manejo de cuerpos de agua por métodos biológicos para eliminación de olores
- 152 Eliminación de los contaminantes presentes en el agua de la Alcaldía de Iztapalapa
- 153 Monitoreo y análisis de la calidad de agua pluvial filtrada en escuelas públicas
- 154 Estudio de caso cuenca del Río Magdalena
- 155 Patógenos que comprometen la salud de animales silvestres bajo cuidado humano
- 156 Ajolote de Arroyo de Montaña
- 158 Uso eficiente de la energía en agua, electromovilidad y residuos urbanos

## **161 EDUCACIÓN**

- 162 Plataforma ECOS-AD para la educación en ambientes digitales
- 164 Antropoceno. Evolución y cambio climático
- 166 Bachillerato en Línea Pilares y Bachillerato Policial de la Ciudad de México
- 168 Talleres Sor Juana Inés de la Cruz

## **171 SEGURIDAD Y GESTIÓN DE RIESGOS**

- 172 Mitigación de grietas en las alcaldías Iztapalapa, Tláhuac, Xochimilco y Milpa Alta
- 174 Sistema de Información Sísmica
- 176 Rehabilitación estructural de la Catedral de la Ciudad de México
- 177 Construir redes para la paz a partir de los Pilares de la Ciudad de México

## **179 TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**

- 180 Limpieza de basura en cuerpos de agua
- 182 Oficina de Transferencia y Escalamiento Tecnológico de la Ciudad de México
- 183 Concentrador de oxígeno de alta eficiencia
- 184 Reducción del consumo energético en los procesos de manufactura
- 186 Diagnóstico médico asistido para enfermedades cardiovasculares
- 188 Sistema de Información Hospitalaria Sedesa
- 190 Obtención de aprobación regulatoria para el dispositivo Florence
- 191 Biorreactor electromecánico para generación de tejido cardíaco
- 192 Estudios sobre la contaminación del aire y la salud
- 193 Plataforma digital para el transporte público
- 194 Soluciones digitales para facilitar el acceso a los mercados de productores agrícolas
- 195 Humedades Artificiales
- 196 Sistemas biométricos
- 197 Infraestructura para Red Celular 5G
- 198 Mezcla automática técnicamente avanzada de biodiesel con petrodiesel
- 199 Televisión Digital ATSC Canal 21
- 200 Mapas de ruta tecnológica en áreas prioritarias del Gobierno de la Ciudad
- 201 Homologación de plataformas de bases de datos para la Contraloría de la Ciudad
- 202 Desarrollo de competencias para la integración de sistemas robóticos en Pilares
- 204 Capacitación en programación, habilidades tecnologías de información y comunicación para la Escuela de Código de Pilares
- 206 Centro de Aprendizaje del Emprendimiento Tecnológico y Social de la Ciudad de México
- 207 Trueque Digital
- 208 Módulo de logística para productores, locatarios, restaurantes, comerciantes y MiPyMEs de la Ciudad de México
- 210 Recíclatelo, aplicación móvil que promueve la economía circular y el reciclaje inclusivo
- 211 Recíclalo, App para el reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos
- 212 Medición no invasiva de glucosa





# PRESENTACIÓN

La Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México se instituyó el 13 de diciembre de 2018, con la publicación del Decreto por el que se expide la *Ley Orgánica del Poder Ejecutivo y de la Administración Pública de la Ciudad de México*. El 11 de marzo de 2019, la doctora Claudia Sheinbaum Pardo, entonces Jefa de Gobierno, fundó la RED ECOS de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación con la participación de los titulares de las principales instituciones de educación superior y centros de investigación del país, a saber: la UNAM, UAM, IPN, TecNM, El Colmex, el Cinvestav y el CIDE. Así como con el acompañamiento de la Subsecretaría de Educación Superior de la SEP, el Conahcyt, la Academia Mexicana de Ciencias, y la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES).

La Reforma a la *Ley de Educación de la Ciudad de México*, publicada el dos de junio de 2023, incluye en su Artículo 29 quáter, la instalación de un órgano de consulta, opinión, asesoría y análisis, refiriéndose a la RED ECOS. A la fecha son 75 las instituciones que integran la RED ECOS, en las que resaltan instituciones de educación superior públicas y particulares, centros de investigación, institutos nacionales de salud, cámaras empresariales, y asociaciones civiles. Los seis ejes estratégicos de la Red son: ciencias de la salud, ciencia y sociedad, educación, desarrollo sustentable y cambio climático, tecnología e innovación, y seguridad y gestión de riesgos. El modelo de colaboración que promueve la RED ECOS se sustenta en el fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico para atender los principales desafíos que enfrenta la metrópoli a través de proyectos de investigación interinstitucional y de manera colaborativa. Actualmente operan 24 grupos de trabajo y desde 2019 se han financiado 323 proyectos de investigación colaborativa por un monto de casi 1,350 millones de pesos.

De acuerdo con la Fracción V del Artículo Tercero de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, *“Toda persona tiene derecho a gozar de los beneficios del desarrollo de la ciencia y la innovación tecnológica. El Estado apoyará la investigación e innovación científica, humanística y tecnológica, y garantizará el acceso abierto a la información que derive de ella, para lo cual deberá proveer recursos y estímulos suficientes, conforme a las bases de coordinación, vinculación y participación que establezcan las leyes en la materia; además alentará el fortalecimiento y difusión de nuestra cultura”*.

Con el propósito de hacer públicos los resultados de las investigaciones realizadas durante la presente administración, se presentan los resúmenes de los principales proyectos de investigación concluidos.

La Sectei hace un reconocimiento especial a las personas responsables técnicas y administrativas, investigadoras asociadas y estudiantes que, con la diligencia y rigor que demanda el desarrollo científico y tecnológico, han privilegiado la colaboración al trabajo individual en el desarrollo de los proyectos que se presentan en este informe, a través de los cuales acercan el conocimiento a la población en general y dan testimonio de que la ciencia y la tecnología son pilares fundamentales para la transformación de nuestra Ciudad.

**Dra. Jesús Ofelia Angulo Guerrero**

SECRETARIA DE EDUCACIÓN, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



# CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Lilia Elena Monroy Ramírez de Arellano  
COORDINADORA

Este eje se caracteriza por su enfoque multidimensional que incluye la prevención, detección y tratamiento de enfermedades, principalmente de tipo crónico-degenerativas; así como el apoyo para el desarrollo de tecnologías para la salud.

Los proyectos apoyados en el marco de este eje se enfocan en diversas problemáticas de salud pública, incluyendo enfermedades como la diabetes mellitus y sus complicaciones, por ejemplo, uno de los proyectos apoyados consiste en una propuesta terapéutica innovadora para la retinopatía diabética a partir del uso de vasoinhibinas, y otro se enfoca en el estudio de los procesos inflamatorios que afectan el funcionamiento ocular, a partir de un estado crónico de hiperglucemia.

Otras patologías que representan importantes problemas de salud pública incluyen la obesidad, la hipertensión arterial, la neurodegeneración y el desgaste articular. En torno a esos padecimientos, se apoyó el desarrollo de opciones terapéuticas a partir de técnicas avanzadas de biología molecular o mediante la intervención preventiva, que buscan incidir en el estilo de vida de la población, mejorar su bienestar general y contribuir a un proceso de envejecimiento más saludable.



IBERO  
CIUDAD DE MÉXICO



SECRETARÍA  
DE SALUD

SECRETARÍA DE INCLUSIÓN  
Y BIENESTAR SOCIAL

## **Predicador de riesgo poligénico para identificar a individuos mexicanos susceptibles a desarrollar diabetes tipo 2**

INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA GENÓMICA  
Y EL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

La diabetes es una enfermedad que afecta a millones de personas en todo el mundo. Se caracteriza por la elevación crónica de los niveles de glucosa (azúcar) en sangre, cuyo descontrol puede ocasionar discapacidad o muerte. En México, **la diabetes constituye la primera causa de discapacidad y el 30% de la mortalidad total en personas adultas**. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición ha revelado un alarmante incremento de la prevalencia de la diabetes tipo 2 (DT2), pasando del 14.4% en 2006 al 18.3% en 2022. Este panorama subraya la necesidad de modificar el paradigma en la medicina, pasando de ser reactiva a predictiva. Dado que nuestros genes pueden influir en el riesgo de desarrollar DT2, especialmente cuando se combinan con otros factores como la alimentación y el ejercicio, el estudio de nuestros genes es una de las estrategias que permite identificar a las personas en riesgo de padecer la enfermedad.

La culminación del proyecto del genoma humano marcó el inicio de una nueva era en la medicina, generando grandes expectativas sobre cómo el conocimiento y las tecnologías resultantes podrían beneficiar la salud. Ahora sabemos que, aunque todos los seres humanos compartimos los mismos genes, existen variantes mínimas en su secuencia que definen nuestras características físicas y pueden estar asociadas con un mayor riesgo para desarrollar diferentes padecimientos. **Algunas de estas variantes, combinadas con factores ambientales y de estilo de vida, pueden incrementar el riesgo de padecer una enfermedad como la diabetes tipo 2.**

En respuesta a la creciente incidencia de la DT2 y su impacto en la salud pública, en 2019 la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (Sec-tei) apoyó un estudio de investigación colaborativa entre el Instituto Nacional de Medicina Genómica (Inmegen) y el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). El objetivo era **aprovechar el conocimiento del genoma humano en la salud para generar estrategias que permitieran reducir la incidencia de la DT2 y sus complicaciones**. El estudio involucró a dos grupos independientes de 2008 personas de la Ciudad, de quienes se obtuvo su ADN para estudiar los genes a partir de una muestra de sangre periférica. Después de años de investigación, **se logró identificar un conjunto de 111 variantes genéticas que incrementan el riesgo de padecer DT2 en la población de la Ciudad**, cuyo análisis permite determinar el riesgo genético para desarrollar este padecimiento. Esta herramienta llamada “Estimación de Riesgo Poligénico (o PRS) para DT2”, es de bajo costo y permite estratificar y diagnosticar a las personas según su posibilidad de padecer esta entidad metabólica, es decir, que dependiendo del número y tipo de variantes que se presenten, en una persona, ahora es posible determinar si se tiene bajo, medio o alto riesgo para padecer DT2. Esto puede ser aplicable también para



Laboratorios del Instituto Nacional de Medicina Genómica

identificar a las y los familiares genéticamente susceptibles. Dado que nuestros genes y sus variantes los heredamos de nuestros padres, el PRS puede utilizarse desde el nacimiento o antes de que aparezcan síntomas, para prevenir o retrasar el inicio de la DT2 o de sus complicaciones. Aún más, éste puede ser útil para pacientes diagnosticados, ya que también contribuye a predecir la progresión del padecimiento y la respuesta al tratamiento. De hecho, la evaluación de los rasgos clínicos de los pacientes que participaron en el estudio reveló que las personas que se encuentran en la categoría de riesgo genético alto, exhiben mayores niveles de glucosa en suero y una mayor circunferencia de cintura que las de medio y bajo riesgo, independientemente del grupo de edad.

Los resultados de la aplicación de este PRS fueron altamente reproducibles en otras cohortes de la población mexicana, lo que demuestra su potencial aplicación clínica. Detectar el riesgo genético para desarrollar diabetes en la población de la Ciudad, sienta las bases para el desarrollo de nuevas herramientas genómicas de predicción para otras patologías como la hipertensión, las dislipidemias y la obesidad.

Es importante recordar que **el sobrepeso y la obesidad incrementan significativamente el riesgo de padecer DT2**, una enfermedad donde participan factores genéticos que no se pueden modificar, y factores ambientales que sí se pueden modificar, como **el estilo de vida, que incluyen la alimentación y el sedentarismo**. Así, conocer nuestro riesgo genético puede ayudarnos a tomar medidas preventivas adoptando un estilo de vida saludable.

En resumen, este estudio destaca la importancia de comprender **cómo nuestra genética influye en nuestra salud**, subrayando la necesidad de desarrollar herramientas y estrategias de prevención basadas en el conocimiento de la genómica individual. **Debemos tener hábitos saludables para reducir el riesgo de enfermedades**, incluso si tenemos predisposición genética.

Humberto García Ortiz, Angelica Martínez Hernandez, María Elena González Villalpando, Francisco Barajas Olmos, Clicerio González Villalpando y Lorena Orozco

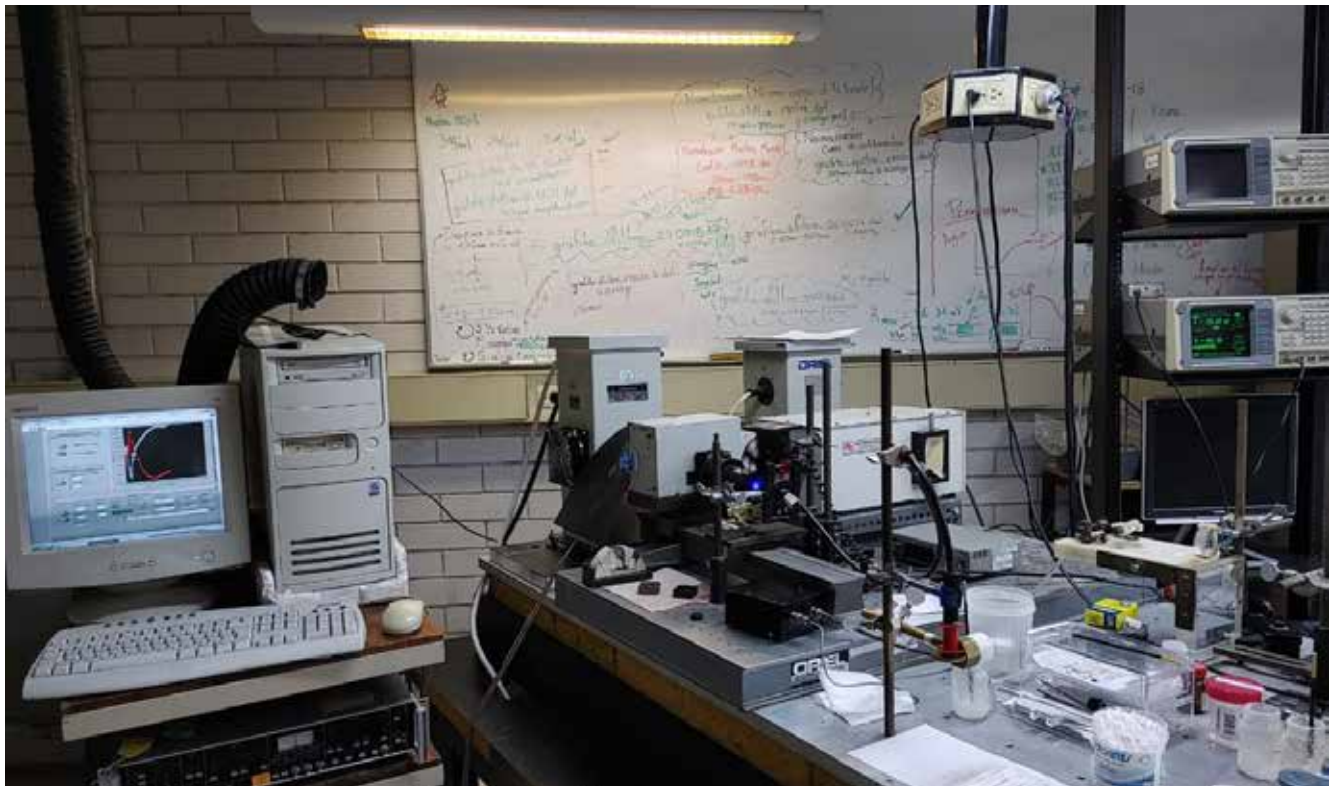
## Tecnología innovadora para el control de la hiperglucemia y prevención de la insuficiencia renal en pacientes con diabetes tipo 2 en la Ciudad de México

IPN, CINVESTAV, SEDESA

De acuerdo con el Inegi, a excepción del periodo de la pandemia por SARS-COV2 (2020-2022), la diabetes es la segunda causa de muerte en México y muestra un aumento sostenido de 1979 a 2022, destacando especialmente su impacto en la Ciudad de México.

El daño renal vinculado a diabetes (nefropatía) conlleva a una morbilidad significativa, de hecho, a nivel internacional, la diabetes es la principal causa de insuficiencia renal. No existe una correlación clara entre la duración de la diabetes y la aparición de la nefropatía, pero se presume que factores genéticos pueden influir, aunque también es posible que el diagnóstico tardío de la diabetes sea relevante para el desarrollo de esta complicación renal.

El objetivo del proyecto, desarrollado de 2019 a 2022, fue demostrar que la espectroscopía fotoacústica (EFA) es una tecnología innovadora capaz de detectar la nefropatía en etapas tempranas y contribuir al control de la diabetes. La EFA se basa en el principio que dio lugar al desarrollo del teléfono, una señal luminosa incide en una muestra y se genera un sonido único para cada sustancia.



Dispositivo de espectroscopía fotoacústica



El proyecto tuvo una fase experimental en ratas diabéticas y una clínica incluyendo tanto sujetos control cómo pacientes que viven con diabetes, con o sin nefropatía. Con los resultados de este proyecto se **logró obtener una herramienta digital (software) diseñada para que personal médico del primer nivel detecten de manera temprana la nefropatía**, independientemente de su origen. Este software se encuentra en proceso de registro de derechos de autor. Adicionalmente, se logró estandarizar una metodología innovadora y patentable para la detección de hemoglobina glucosilada (sangre) y hemoglobina libre (en plasma y orina) a través de EFA.

Las perspectivas del proyecto es lograr la detección de un molécula, que mediante fluorescencia y EFA, nos indique si la elevación de glucosa en sangre ha permanecido al menos un mes. Con esto, **se lograría obtener un biomarcador en sangre para la detección temprana de diabetes**.

Actualmente, se propone utilizar las herramientas generadas en este proyecto en un mayor número de individuos sanos y pacientes con diabetes con o sin nefropatía, y lograr la validación internacional de ambas técnicas. La aplicación (al menos del software) es inmediata y seguimos generando resultados y proponiendo tecnología patentable, además del desarrollo innovador para la detección temprana de la diabetes, sobretodo en pacientes con alto riesgo de desarrollar la enfermedad; con esto, se logrará el diagnóstico oportuno y la disminución de la morbimortalidad. Los resultados de este trabajo se encuentran publicados en tres artículos internacionales y se han presentado en tres congresos médicos. Además, **derivado de este proyecto se ha formado personal médico especializado**, una maestra en farmacología y una doctora en ciencias con especialidad en fisicomatemáticas.

Guadalupe Cleva Villanueva López



## Desarrollo de tecnologías innovadoras para la mejora de la calidad de vida de pacientes con microtia, amputación de miembros torácicos y con daño cerebral adquirido

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA

### RECONSTRUCCIÓN AURICULAR EN PACIENTES CON MICROTIA

La microtia es un padecimiento congénito que involucra una malformación e hipoplasia del pabellón auricular (oreja) con presencia de esbozos auriculares y/o disminución del tamaño del pabellón íntegro.

En México se presenta en 7.37 casos por cada 10 mil nacidos vivos (1978-2010). En el INRLGII se registraron 662 pacientes en los últimos cinco años (INRLGII 2022). La reconstrucción auricular representa uno de los retos más demandantes en otología (estudio del oído), debido a los resultados poco favorables de algunas cirugías y las complicaciones del sitio donador del tejido dificultan este procedimiento.

La ingeniería de tejidos es un área multidisciplinaria en la que se combinan los conocimientos de la biología celular y molecular con la ciencia de los materiales. Su propósito es la creación o generación de *novo* de tejidos y órganos para reparar, mejorar o sustituir una función o estructura perdida por lesión, por enfermedad adquirida o congénita.

Gracias al apoyo de la Sectei, se establecieron las condiciones en el laboratorio de biotecnología del INRLGII para el cultivo de células de pabellón auricular y se desarrolló la metodología para el cultivo celular de condrocitos auriculares. Con el grupo de trabajo del departamento de Sistemas Médicos del

#### Reconstrucción auricular en pacientes con microtia



Pacientes con microtia



Cartílago para cultivo



Desarrollo de moldes 3D



Colocación de células en molde antes de implantar

En México, el tratamiento a pacientes con microtia es prioritario NOM-004-BBA2-2002

De 6.5 - 7.3 casos de microtia por cada 10 mil nacimientos (OMS)

INRLGII, se diseñó software para el procesamiento y reconstrucción volumétrica del pabellón auricular para generar imágenes e imprimir en 3D los pabellones. Se obtuvieron los manuales de procedimiento para la realización de la cirugía y las instrucciones de trabajo para el cultivo de condrocitos auriculares.

La población infantil en la Ciudad de México puede verse favorablemente influida por contar con este tipo de tecnologías, **los hospitales de salud podrán contar con estrategias de rehabilitación de alta tecnología** disponibles en México. Los resultados se han publicado en revistas indexadas con factor de impacto, se han difundido en varios congresos internacionales y se formaron recursos humanos a nivel licenciatura.

María Cristina Velasquillo Martínez

## **METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN PARA PRÓTESIS ACTIVAS (PRÓTESIS ROBÓTICAS) DE MANOS ACCESIBLES**

La amputación es un procedimiento quirúrgico que separa un miembro o parte de él de una persona. **Aproximadamente el 15% de todas las amputaciones corresponde a la extremidad torácica (mano o brazo), éstas conllevan un alto índice de discapacidad, principalmente en la pérdida de independencia.** Existen alternativas protésicas para lograr manipular los objetos, entre las que se encuentran desarrollos tecnológicos de elementos terminales actuados o robóticos con diferentes modalidades de control, que tratan de mimetizar la anatomía de la mano, sin embargo, poco se ha estudiado sobre su funcionalidad y aceptación una vez colocados en una persona con una amputación del miembro superior. Por lo que el objetivo del proyecto consistió en **desarrollar y aplicar una metodología de validación de prótesis robóticas de mano de varios diseñadores que permite probar y evaluar si la tecnología es apta para ser usadas en pacientes con amputación del miembro torácico.** La metodología fue aplicada utilizando manos controladas por señal de electromiografía en etapa de desarrollo, que fueron colocadas en seis brazos con amputación transradial, se armaron sockets especiales para la colocación de electrodos y paso de cables de los circuitos de control hacia la etapa de activación de los motores. Se realizó una etapa de entrenamiento, se probó la funcionalidad, usabilidad y el diseño de cada una de las manos y finalmente se realizó una evaluación con técnicas de análisis de movimiento para obtener la cinemática al usar cada una de las manos.

Como resultado principal **se emitió información de recomendación** necesaria para cada diseño sobre la colocación y adaptación de las manos, y sobre el desempeño de sus diseños.

Se obtuvo la metodología que incluye un kit de pruebas de las actividades de la vida diaria, la evaluación técnica y benchmarking de las manos, un alumno de licenciatura titulado, un capítulo de libro, participaciones en tres congresos, y certificado ante el Indautor. El impacto tecnológico **permitirá orientar a los diseñadores en el desarrollo de los elementos terminales tomando en cuenta**



El diseño de prótesis representa un impacto positivo para los sujetos con amputación del miembro superior, pues les permite integrarse a la sociedad, tener independencia y retomar en lo posible una vida laboral satisfactoria

la seguridad, su relación con las actividades de la vida diaria y la usabilidad. El impacto económico será poder apoyar a los desarrolladores para llevar sus diseños al mercado y obtener un producto competitivo. El impacto social esperado es acercar a los sujetos con amputación del miembro superior a tecnologías que les permitan integrarse a la sociedad, independencia y retomar en lo posible una vida laboral satisfactoria, pero que al mismo tiempo sea segura y cumpla con las expectativas, reduciendo el abandono de dicha prótesis.

Iveth Quiñonez Urostegui

## NEUROPRÓTESIS MOTORA

Entre las lesiones cerebrales más comunes están el accidente cerebrovascular (ACV), que constituye la segunda causa global de muerte y es la quinta en México. Por otro lado, la incidencia de la lesión de la médula espinal (LME) es de especial atención porque ocurre en el grupo que se encuentra en edad productiva (16 a 35 años) y va en aumento principalmente por los accidentes de tránsito o actos de violencia. Ambas lesiones representan un problema de salud pública en nuestro país.

La mayoría de las estrategias de neurorrehabilitación encaminadas a restaurar las funciones motoras perdidas por el ACV o la LME están basadas en la neurofacilitación, estimulación y guía de los procesos de plasticidad cerebral. El tratamiento de rehabilitación tradicional involucra técnicas manuales de terapia física y ocupacional.

El desarrollo de nuevas estrategias de neurorehabilitación se ha convertido en una necesidad para los sistemas de salud a nivel mundial. Entre las nuevas tecnologías se encuentran las **Neuroprótesis motoras**, que son **dispositivos activos que tienen la finalidad de restaurar o reemplazar las funciones motoras perdidas**. Con estos dispositivos se aplica corriente eléctrica funcional (FES) a las estructuras neuromusculares conservadas con el fin de imitar el flujo natural de excitación generado por el Sistema Nervioso, y así, **“lograr la función motora”** deseada. Por otro lado, la terapia de neuro-rehabilitación se puede potencializar si la FES se activa usando interfaces cerebro-computadora (BCI).

En el INRLGII se desarrolló el prototipo de **Neuroprótesis Motora-INR**, que alcanzó el nivel de maduración tecnológica TRL4, difusión de resultados y patente concedida. La prueba de concepto en laboratorio, demostró su factibilidad para su aplicación clínica; esto permitirá rehabilitar a pacientes que debido a un ACV, el cual interrumpe la señal natural de activación motora generada en el cerebro hacia una extremidad, y por ende se requiere la rehabilitación mediante el uso del prototipo de Neuroprótesis Motora-INR. Para demostrar la validez técnica y la factibilidad de la Neuroprótesis Motora-INR en el ambiente hospitalario, era necesario implementar un control (sistema experto) basado en técnicas de inteligencia artificial para activar el estimulador eléctrico a través de una BCI usando la estrategia o paradigma de los potenciales evocados visuales (P300).

Josefina Gutiérrez Martínez

## Validación e implementación de una prueba diagnóstica para hipertensión arterial esencial

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

La hipertensión arterial (HTA) representa un problema de salud pública mundial, ya que está relacionada con varias complicaciones renales y cardiovasculares. En México, aproximadamente el **40% de la población padece HTA** y su prevalencia es aún mayor cuando se asocia con obesidad (42.3%) o diabetes (65.6%). Sin embargo, diagnosticar la HTA puede ser un gran desafío debido a la falta de sintomatología específica y a la influencia de múltiples factores no relacionados con la enfermedad, lo que puede explicar que aproximadamente un 40% de individuos con HTA ignoren que sufren de esta enfermedad.

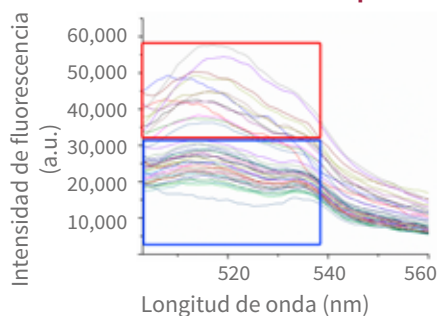
El **canal de sodio epitelial (ENaC)** se expresa en diferentes tejidos del cuerpo, y desempeña un papel crucial en la reabsorción de sodio a nivel renal, por lo que regula el volumen de líquido extracelular y en consecuencia la presión arterial.

En estudios previos demostramos que **la elevada expresión del ENaC en las plaquetas sanguíneas está estrechamente relacionado con la hipertensión** y es un parámetro útil para su diagnóstico. La sobreexpresión del ENaC parece ser independiente del tiempo de evolución de la enfermedad, la medicación utilizada o las características específicas del paciente.

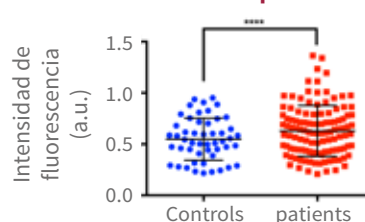
Basándonos en estos hallazgos, diseñamos una **prueba diagnóstica** innovadora basada en **nanopartículas de oro acopladas con un anticuerpo diseñado para detectar el ENaC presente en las plaquetas del individuo**; el complejo molecular formado es identificado por otro anticuerpo que emite fluorescencia, lo que hace que se logre medir la expresión del canal. La utilidad clínica de este método fue evaluada a partir de una muestra de sangre de 167 sujetos que asistieron a la Unidad de Medicina Familiar No. 44 del Instituto Mexicano del Seguro Social en la Ciudad de México. **Los valores de sensibilidad y especificidad determinados confirmaron el diagnóstico de hipertensión en el 62.1% de los pacientes** con HTA clínica y detectaron que el 59.7% de los pacientes sufrían de HTA no diagnosticada. Estos resultados sugieren que esta prueba **es una herramienta valiosa para el diagnóstico temprano y el manejo clínico oportuno** de la HTA, aunque aún es susceptible a ser mejorada.

Doris Atenea Cerecedo Mercado

**A. Espectro de fluorescencia de muestras de individuos sanos e hipertensos**



**B. Representación gráfica de la expresión del canal de sodio epitelial en plaquetas**



A. Espectro de fluorescencia representativo de muestras de plaquetas de pacientes hipertensos (recuadro rojo) y de individuos sanos (recuadro azul)

B. Representación gráfica de la expresión del canal de sodio epitelial (ENaC) en plaquetas de individuos sanos (azul) e hipertensos (rojo)

## Neuro-Ortesis funcional para la asistencia, manejo y rehabilitación de pacientes con síndrome de pie caído

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA

El **síndrome de pie caído** es una condición que impacta significativamente en la calidad de vida de quienes lo padecen. Esta condición, que afecta la marcha, puede surgir como resultado de diversas patologías que provocan **parálisis o debilidad en los músculos dorsiflexores del tobillo**. Según estudios, el **31% de los casos se relaciona con lesiones del nervio peroneo**, el **30% con radiculopatías** (enfermedad caracterizada por un intenso dolor producido como consecuencia de una lesión, compresión o inflamación del nervio espinal) de L5 (última vértebra lumbar) y el **18% con polineuropatías** (disfunción simultánea de muchos nervios periféricos en diferentes partes del cuerpo a la vez) asociadas a enfermedades metabólicas como la diabetes. Además de sus efectos físicos, el síndrome de pie caído **también afecta el bienestar psicosocial de los individuos afectados**.

Para quienes enfrentan esta condición, la alternativa ortésica (dispositivo que sirve para mejorar una función disminuida) más común es una férula de polipropileno. Sin embargo, esta solución no es ideal, ya que suele obligar al paciente a usar calzado de mayor tamaño, lo que dificulta la recuperación del patrón de marcha normal. Además, la estética de estas órtesis no siempre es satisfactoria para las y los pacientes, lo que puede llevar al abandono del dispositivo.

En este contexto, **las neuro-órtesis basadas en estimulación eléctrica representan una esperanza para mejorar la calidad de vida de las personas con síndrome de pie caído**. Estos dispositivos están diseñados para fortalecer los músculos peroneos y tibiales anteriores, ayudando a mantener el tono y la masa muscular necesarios para una marcha adecuada. La falta de alternativas ortésicas que satisfagan tanto las necesidades funcionales como estéticas de los usuarios ha impulsado el desarrollo de nuevos enfoques. Este proyecto ha dado lugar a un **prototipo innovador que ha alcanzado un nivel de maduración tecnológica TRL4**, tras ser probado en condiciones de laboratorio.

Este prototipo consta de una **plantilla instrumentada capaz de detectar la posición del pie durante el ciclo de la marcha**, un circuito que procesa esta información y un estimulador eléctrico funcional que activa los grupos musculares necesarios para promover el movimiento de dorsiflexión. La utilidad de este prototipo para cada usuario puede variar según el grado de afectación que presenten, por lo que en futuros desarrollos será fundamental establecer criterios de selección rigurosos para garantizar su eficacia.

En resumen, los avances tecnológicos en el campo de la rehabilitación ofrecen nuevas esperanzas para quienes sufren de síndrome de pie caído. Estas innovaciones no solo tienen el potencial de mejorar la funcionalidad física de quienes padecen síndrome de pie caído, sino también de **transformar su calidad de vida en general**.

Gerardo Rodríguez Reyes

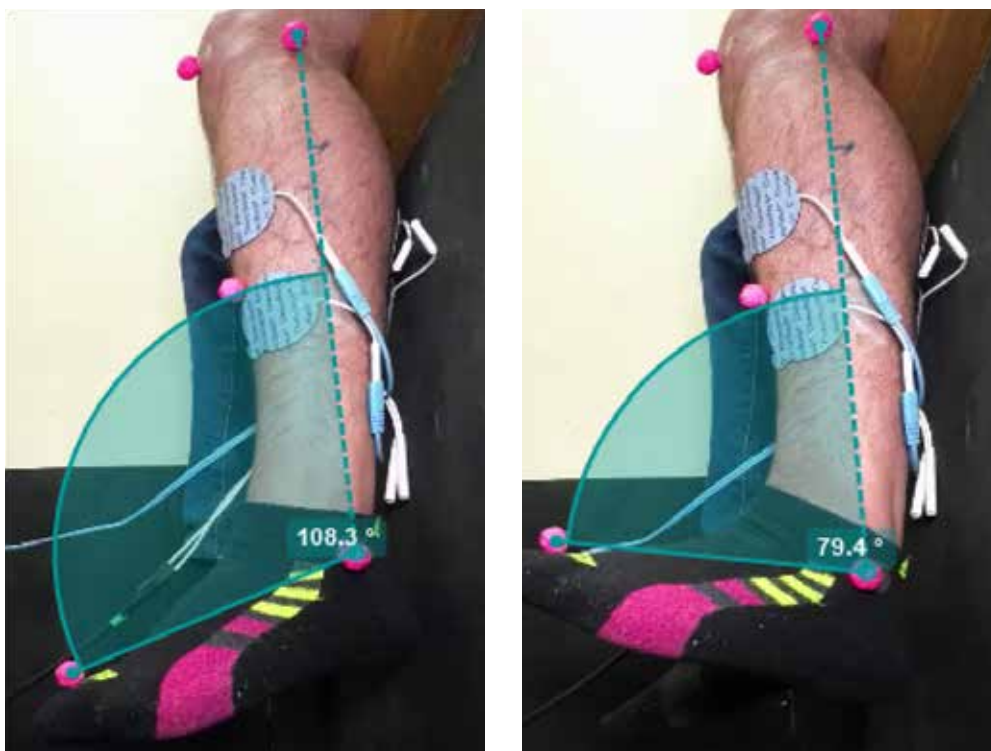
## Plataforma de estimulación eléctrica funcional validada en un entorno real para aplicaciones de rehabilitación neuromuscular

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA

En un esfuerzo por integrar tecnología de vanguardia en el ámbito médico, se materializó un proyecto innovador centrado en el desarrollo de un **equipo de estimulación eléctrica funcional (EEF)**. Este dispositivo, denominado EEF-INR 1.0, se ha diseñado con la incorporación de estándares internacionales para equipos médicos, con el objetivo de alcanzar un alto nivel de maduración tecnológica (TRL5).

El propósito fundamental de este proyecto fue **someter el prototipo a pruebas técnicas en un ambiente controlado de laboratorio**, así como validar su utilidad para generar movimientos del tobillo en un entorno relevante, similar a su aplicación final, tanto en modelos animales como en sujetos sanos.

Los resultados obtenidos son alentadores. El prototipo EEF-INR 1.0 ha dado lugar a la **solicitud de registro de patente** ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), bajo el título "Estimulador Eléctrico Funcional No-Invasivo para Rehabilitación Neuromuscular" (MX/a/2023/005731). Además, los resultados de las pruebas realizadas en animales y sujetos sanos han sido presentados y difundidos en diversos congresos y foros académicos, tanto a nivel nacional como internacional.



Ángulo del tobillo durante la Estimulación Eléctrica



Estimulador Eléctrico Funcional conectado al músculo tibial anterior de un voluntario sano

Es importante destacar el impacto positivo que este proyecto ha tenido en la atención de problemas médicos en la Ciudad de México. El prototipo EEF-INR 1.0 allana el camino para la eventual disponibilidad de un equipo de EEF para uso humano con fines de investigación, y su posterior aplicación en la práctica clínica habitual en hospitales públicos de la Ciudad de México y otras regiones del país.

Este avance tecnológico **tiene el potencial de beneficiar a un gran número de pacientes que sufren secuelas de enfermedades como la Enfermedad Vascular Cerebral**, así como otras condiciones altamente discapacitantes que tienen una alta incidencia en la Ciudad de México. La mejora en la función de brazos y piernas que proporciona este dispositivo puede significar una mayor independencia y calidad de vida para las y los pacientes, facilitando su reintegración a la vida productiva.

Además, este avance también puede tener un impacto positivo en la economía, al contribuir a la reducción del gasto público en salud asociado con la atención médica y la rehabilitación a largo plazo de dichos pacientes.

En resumen, el desarrollo del prototipo EEF-INR 1.0 representa un avance de la tecnología médica, con el potencial de mejorar la vida de numerosas personas y reducir la carga económica asociada con su atención médica y rehabilitación.

Jorge Airy Mercado Gutiérrez

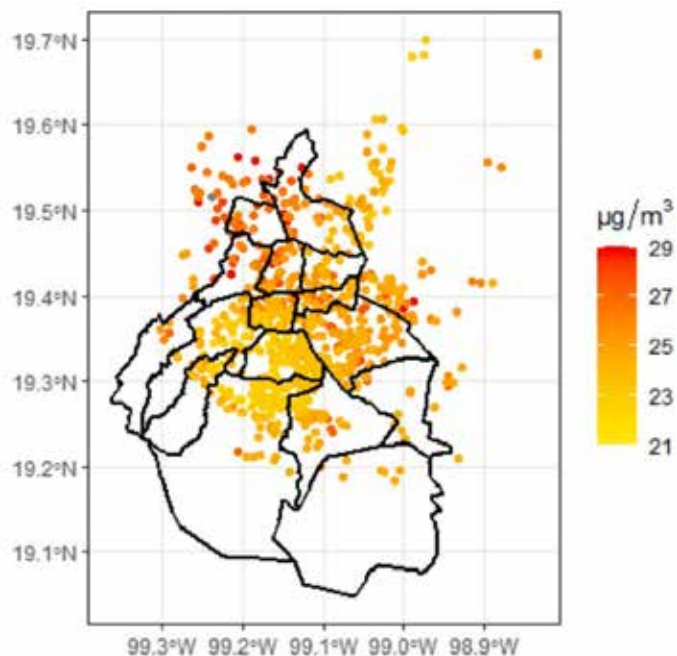


## Exposición a contaminación atmosférica y riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles en personas adultas de la Ciudad de México

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS DE LA UNAM, INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA IGNACIO CHÁVEZ, INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGÍA ISIDRO ESPINOSA DE LOS REYES, INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA-CUERNAVACA (INSP-CUERNAVACA), ICAHN SCHOOL OF MEDICINE MOUNT SINAI DE ESTADOS UNIDOS

La contaminación atmosférica es un problema medio ambiental en la Ciudad de México. En los primeros cinco meses del 2024, se han registrado un total de seis contingencias ambientales, distribuidas en cada uno de los meses de enero a mayo. Entre los contaminantes atmosféricos, el material particulado fino PM2.5 es de interés en salud pública por los altos niveles registrados en el ambiente y por la amplia gama de efectos adversos que produce en la salud. Este proyecto financiado por la Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (Sectei) estuvo enfocado en conocer la asociación entre exposición a PM2.5 y enfermedades comunes en la Ciudad, como diabetes, obesidad, hipertensión y enfermedad cardiovascular.

La investigación se llevó a cabo en personas adultas de la Ciudad de México pertenecientes al grupo control del estudio GEA (Genética de la Enfermedad Aterosclerosa) del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez (INCIH). La



Niveles anuales de PM2.5 en adultos de la Ciudad de México. Imagen generada por la Dra. Rocio Torrico-Lavayen

exposición a  $PM_{2.5}$  se estimó a partir de la dirección de las y los participantes y empleando los datos de las estaciones de monitoreo de la Ciudad de México. Los niveles anuales de  $PM_{2.5}$  oscilaron entre 20-30  $\mu g/m^3$ , los cuales son de 4 a 6 veces más altos que los 5  $\mu g/m^3$  recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Los resultados de nuestro estudio muestran que **la exposición a  $PM_{2.5}$  no se asocia con el riesgo de diabetes ni con el índice de masa corporal o mayor riesgo de sufrir obesidad. Sin embargo, encontramos una asociación significativa entre la exposición a  $PM_{2.5}$  y un mayor riesgo de hipertensión y enfermedad cardiovascular.**

La exposición a  $PM_{2.5}$  se asoció con un aumento del espesor intima media carotídea (CIMT), un indicador de aterosclerosis subclínica, y con un aumento de la calcificación coronaria (CAC). **Un aumento del CIMT y CAC representan mayor riesgo de eventos cardiovasculares como infarto agudo al miocardio y enfermedad cerebrovascular.** Derivado de los resultados de este proyecto se recomienda:

- 1 Aumentar la vigilancia de la emisión de  $PM_{2.5}$  por parte de industrias y vehículos automotores
- 2 Implementar nuevamente la policía ambiental que transitaba en las calles de la Ciudad
- 3 Incorporar como grupo susceptible a las personas con padecimientos cardiovasculares en las recomendaciones de contingencia ambiental

Citlalli Osorio Yáñez, Marco Sánchez Guerra, Rosalinda Posadas Sánchez, Gilberto Vargas Alarcón, José Luis Texcalac Sangrador, Rocio Torrico Lavayen, Iván Gutierrez Ávila, Allan Just, Jonathan Rush, Andres Cardenas

## Evaluación y optimización de parámetros antropométricos, cinemáticos y fisiológicos para potenciación del gesto motor fundamental en taekwondoínes elite de la Ciudad de México. Desarrollo de un algoritmo para su caracterización

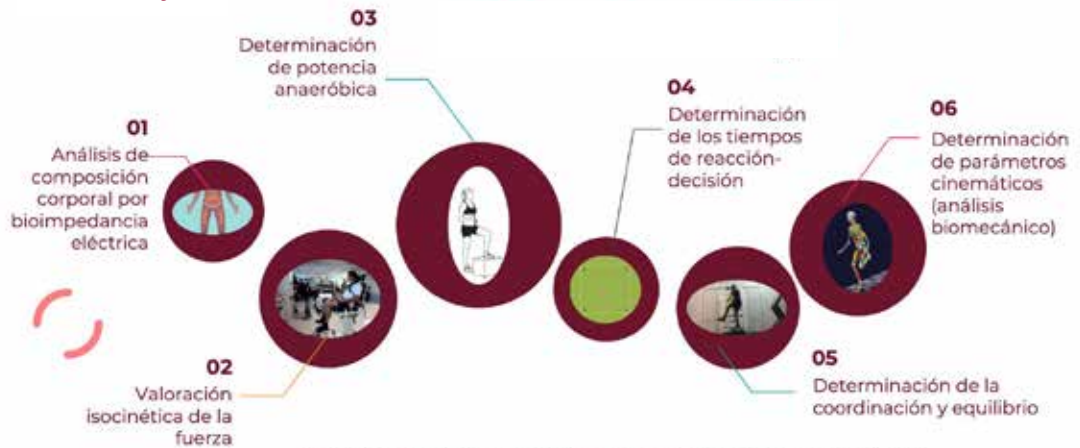
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA

El objetivo principal de una persona deportista es alcanzar el alto rendimiento perfeccionando sus habilidades físicas y técnicas. Para las y los **practicantes de taekwondo**, se destacan características como bajos niveles de grasa corporal, alta capacidad anaeróbica, excelente aptitud aeróbica, así como fuerza y flexibilidad. Además, evaluar la técnica deportiva es esencial para identificar debilidades y capacidades. A pesar de la existencia de diversas herramientas tecnológicas para evaluar a un taekwondoín, no se había realizado en México un trabajo que integre tantos parámetros relevantes y los relacione con la eficacia del gesto motor fundamental en el taekwondo: Por ello, éste estudio se enfocó en **definir una batería de pruebas precisa y sólida para identificar tanto las debilidades como las potencialidades de estos deportistas**, con el objetivo de clasificar su aptitud deportiva.

El trabajo se dividió en tres etapas: evaluación inicial, periodo de intervención y evaluación final. **Los parámetros evaluados se agruparon en tres categorías: antropométricos** (relacionados con la composición corporal), **cinemáticos** (medición de la velocidad y aceleración en el gesto deportivo) y **fisiológicos** (incluyendo la fuerza isocinética, la propiocepción y la potencia anaeróbica). Se llevó a cabo un estudio con 43 taekwondoínes de la Asociación Capitalina de Taekwondo. Tras la evaluación inicial, **las personas deportistas participaron en**

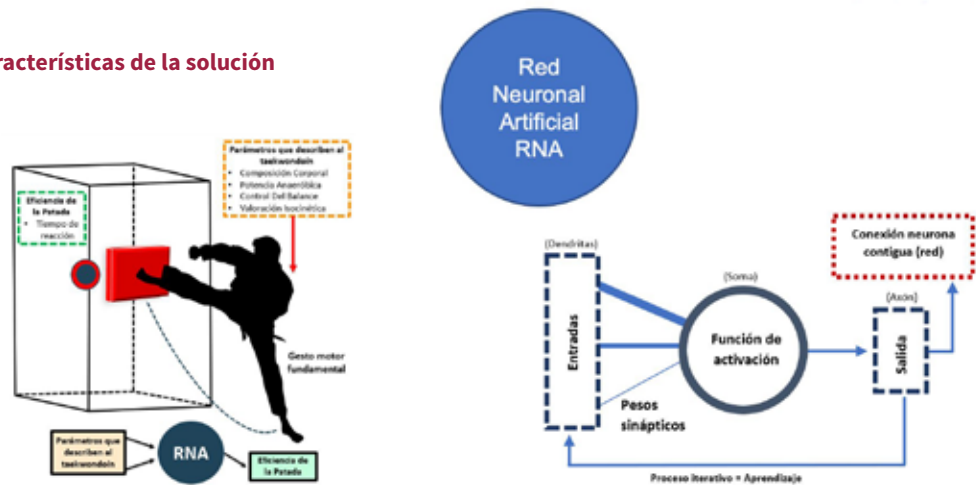


**Ciclo de trabajo**



Pruebas complementarias, evaluación morfofuncional y de seguridad de acuerdo con los criterios de la Subdirección de Medicina del Deporte del INRGII

**Características de la solución**



un programa de ejercicio multicomponente durante 12 semanas, seguido de una nueva evaluación. Así se identificaron las variables con cambios significativos posteriores a la intervención, las cuales se utilizaron para clasificar la aptitud del taekwondoín.

Toda la información obtenida fue procesada utilizando algoritmos basados en inteligencia artificial (IA) desarrollados por el equipo de trabajo que permitió establecer tablas para estratificar la capacidad del deportista en cada una de las pruebas realizadas, logrando con ello clasificar a las y los taekwondoínes en cuatro niveles de aptitud, utilizando parámetros antropométricos, fisiológicos y cinemáticos, **todos ellos relacionados con la ejecución eficiente del gesto motor fundamental en el taekwondo: la patada.**

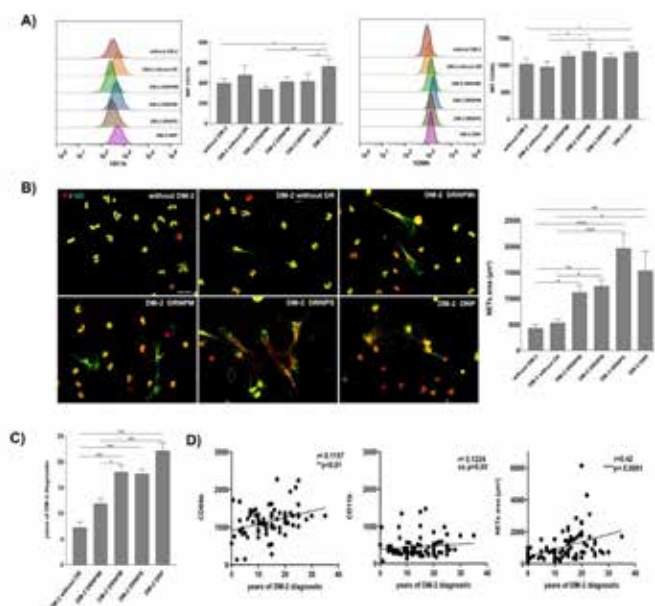
José Gilberto Franco Sánchez, Diego Mirabent Amor y Gabriel Vega Martínez

## Estudio de la participación de las trampas extracelulares del neutrófilo como pronóstico inflamatorio en el desarrollo de la retinopatía diabética

FUNDACIÓN DE ASISTENCIA PRIVADA CONDE DE VALENCIANA I.A.P.

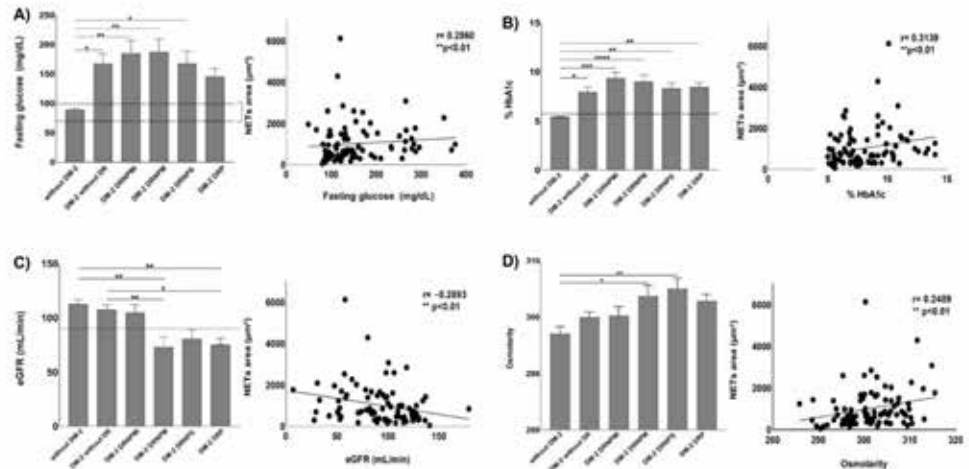
La retinopatía diabética aparece cuando se dañan los vasos sanguíneos de los ojos y está asociada con la diabetes y a la inflamación crónica. A nivel mundial es considerada como una de las mayores causas de ceguera. Por otro lado, se sabe que las células inflamatorias llamadas neutrófilos liberan las Trampas Extracelulares (NET), las cuales son estructuras formadas por una red de ácido desoxirribonucleico (ADN), componentes granulares proteolíticos, oxidantes e inflamatorios, las cuales están involucradas en el daño a los tejidos en diversos procesos. En el caso de la retinopatía diabética, existen datos que asocian la activación de los neutrófilos con la resistencia a la insulina y la liberación de citosinas inflamatorias en la diabetes tipo 2. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue el de **determinar la participación de las NET como un factor pronóstico asociado al progreso de la retinopatía diabética.**

Para cumplir con el objetivo se midió la cantidad de NET liberada en **pacientes con diferentes niveles de retinopatía diabética**, los cuales se clasificaron de la siguiente manera: retinopatía diabética no proliferativa leve (RDNPL), moderada (RDNPM), severa (RDNPS) y proliferativa (RDP). También se realizaron estudios clínicos para determinar el estado de su control glucémico, lipídico y función re-



**Figure 1.** Increasingly activated neutrophil and spontaneous NET release relationship with the progression time of diabetes in severe stages of DR.

Tomado de: (1) Magaña-Guerrero FS, et. AL, Biomedicines, 2023 Jun 22;11(7):1791



**Figure 2.** NETs are inflammatory markers correlated with hyperglycemia and renal failure in severe stages of DR.

Tomado de: (1) Magaña-Guerrero FS, et. AL., Biomedicines, 2023 Jun 22;11(7):1791

	score 0	score 1	score 2	Total score
Diagnostic time DM-2	<5 years	6-9 years	> 9 years	low risk (0-1)
HbA1c	< 7.0%	7.1-9.0%	>9.1%	mild-moderated risk (2-3)
eGFR	> 60 ml/min	59-30 ml/min	<30 ml/min	moderated increased risk (4)
				high risk (5-6)

NETs release	DIABETIC RETINOPATHY RISK		
Low NETs 400-600	low	mild-moderated	high
Moderated NETs 601-1500	mild-moderated	moderated increased	high
High NETs >1500	moderated increased	high	high

**Figure 3.** Prognostic risk of DR development by the association of the spontaneous NET release and clinical score.

Tomado de: (1) Magaña-Guerrero FS, et. AL., Biomedicines, 2023 Jun 22;11(7):1791

nal. Finalmente se realizó la correlación entre la cantidad de NET liberadas y la condición clínica de los pacientes.

Se encontró que los pacientes en todos los estadios de retinopatía diabética liberan una mayor cantidad de NET de manera espontánea, mientras que los pacientes con RDNPM y RDP además presentaron una sobreexpresión de marcadores inflamatorios en los neutrófilos. Así mismo, se encontró que las NET liberadas tienen una correlación clínica con el tiempo de diagnóstico de la diabetes tipo 2. Estos resultados permitieron establecer un pronóstico de riesgo de desarrollo de retinopatía diabética asociado a la liberación de NET e indicadores clínicos, como el tener niveles de hemoglobina glicosilada mayores a 7.1 y 9, una menor tasa de filtrado glomerular (entre 50 a 30 ml/min) y liberación de NET de 600 o superiores a 1500.

Fátima Sofía Magaña Guerrero

## **Determinación de la condición física y el estado de salud del corazón, a través del análisis de series de tiempo de variabilidad cardiaca en personas jóvenes y adultas de mediana edad con obesidad y con síndrome metabólico, usando técnicas emergentes de la dinámica no lineal**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICA, UNIDAD PROFESIONAL  
INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA DEL IPN

El proyecto consistió en la **integración de una base de datos con los registros electrocardiográficos de larga duración tomados con monitores Holter de personas sanas, personas con sobrepeso, con obesidad y personas con síndrome metabólico** en tres situaciones diferentes: en reposo, mientras hacen sus actividades habituales y mientras hacen ejercicio. El estudio estuvo dirigido a adultos jóvenes y personas de mediana edad de la Ciudad de México.

**A partir de los registros electrocardiográficos se obtuvieron series de interlatido cardíaco**, las cuales se caracterizaron usando todas las metodologías que se han implementado en nuestro grupo de investigación y que han surgido de la Dinámica no Lineal y de la Teoría de la Complejidad, permitiendo encontrar características que las técnicas tradicionales no pueden hacer. Entre esas técnicas se encuentran: el análisis espectral, el análisis de fluctuaciones sin tendencia, el método de Higuchi para encontrar la dimensión fractal, el análisis multifractal, los algoritmos de visibilidad que permiten mapear las series de tiempo en redes complejas, entre otras.

El objetivo del proyecto fue **determinar el estado de salud del corazón de las y los sujetos de prueba** y también caracterizar su condición física a través de los parámetros obtenidos de las metodologías antes mencionadas. Se diseñó una prueba de esfuerzo no extenuante que puede aplicarse a personas con sobrepeso y con síndrome metabólico, sin arriesgar la salud del paciente, detectando cambios en la dinámica cardiovascular en esas condiciones.

Como resultado final, se obtuvo una base de datos y una serie de técnicas novedosas, complementarias a las tradicionales, que **ayudan a la persona a conocer de manera cuantitativa y cualitativa su condición física y estado de salud**, y que a su vez los datos obtenidos coadyuvan en el cambio de hábitos de alimentación y actividad física.

Alejandro Muñoz Diosdado



## Termómetro infrarrojo basado en una arquitectura de hardware libre

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN COMPUTACIÓN DEL IPN

El objetivo principal de este proyecto fue crear las bases de una **plataforma de hardware libre**, el cual puede proporcionarse al personal médico para hacer frente a cualquier emergencia sanitaria como la del virus SARS-COV2 sin tener contacto directo evitando y disminuyendo el riesgo de contagio. Por lo anterior, se **desarrolló una pistola-termómetro infrarrojo sin contacto para medición de la temperatura corporal** que sea utilizada en el personal de salud y personas usuarias, colocándose en los accesos de las instalaciones para detectar a las personas con fiebre, que es uno de los síntomas característicos de las infecciones por patógenos como el el virus SARS-COV2.

El termómetro se diseñó con las siguientes características: evitar el contacto físico en sus usuarios, disminuir el costo con relación a otros productos similares de uso comercial, permitiendo ofrecer un servicio de bajo costo y **con una eficiencia exacta en las mediciones de 32 a 42.5 grados centígrados**, con un tiempo no mayor a cinco segundos para obtener una medición. Esta contribución permite brindar una solución social en cualquier emergencia sanitaria como la del virus SARS-COV2.

Marco Antonio Moreno Ibarra





## Imagen molecular PET para el estudio de enfermedades neurodegenerativas

UNIDAD RADIOFARMACIA-CICLOTRÓN, FACULTAD DE MEDICINA, UNAM  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOBRE EL ENVEJECIMIENTO, CINVESTAV, SEDE SUR

La Tomografía por Emisión de Positrones (PET, por sus siglas en inglés) es una técnica de imagen médica que permite visualizar procesos moleculares o celulares *in vivo* al registrar la biodistribución espacio-temporal de radiofármacos específicos. Este método de diagnóstico médico **ha demostrado ser altamente eficaz en la detección y seguimiento de un gran número de patologías oncológicas, neurológicas y cardiológicas.**

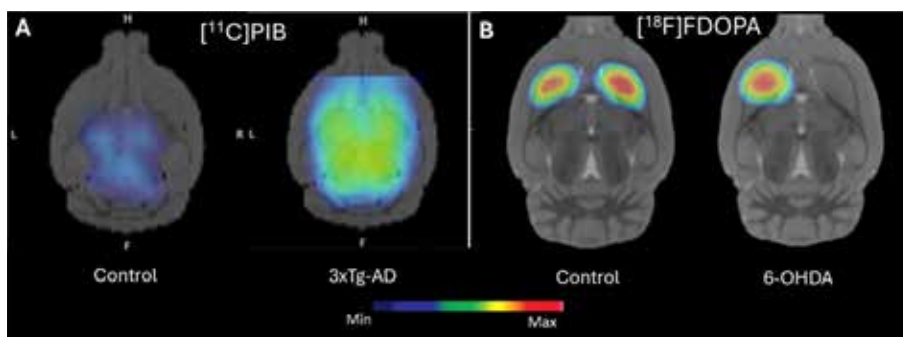
En la práctica clínica rutinaria las imágenes PET son comúnmente analizadas de manera visual-cualitativa o mediante índices semicuantitativos. Sin embargo, estos métodos de análisis pueden limitar el potencial diagnóstico de los radiofármacos dirigidos a receptores específicos. Para optimizar al máximo la eficacia diagnóstica de estos radiofármacos, se requiere aplicar **modelos cinéticos que permitan un análisis cuantitativo** de las imágenes PET, generando parámetros matemáticos que correlacionen con métricas fisiológicas. Esto permite una **mejor interpretación de los datos obtenidos** y eventualmente mejora el diagnóstico clínico.

Gracias al proyecto de investigación financiado por la Sectei, la Unidad PET-Ciclotrón de la Facultad de Medicina de la UNAM, ahora conformada por la Unidad PET/CT y la Unidad Radiofarmacia Ciclotrón, es pionera en el análisis cuantitativo de imagen molecular PET y lidera esta técnica de diagnóstico en México. Uno de los logros más destacados de este proyecto fue haber implementado la producción [11C]PIB, un **radiofármaco de gran utilidad para el diagnóstico específico y oportuno de la enfermedad de Alzheimer.** Además, en este proyecto también se evaluó la [18F]Fluorodopamina para el estudio del sistema dopaminérgico, siendo útil en el diagnóstico de la enfermedad de Parkinson.

El impacto de este proyecto a corto plazo también se verá reflejado en aplicaciones preclínicas y de investigación básica dirigida al estudio y mejor entendimiento de las **enfermedades neurodegenerativas de mayor prevalencia en personas adultas mayores.** A mediano y largo plazo las técnicas de análisis cuantitativo exploradas en este proyecto podrían aplicarse al análisis de imágenes clínicas, ofreciendo un enfoque preciso en el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades.

Miguel Ángel Ávila Rodríguez y Arturo Avendaño Estrada

La PET permitirá un mejor entendimiento de las enfermedades neurodegenerativas de mayor prevalencia en adultos mayores



## Potenciales blancos terapéuticos para evitar la progresión de daño renal de la enfermedad poliquística en personas adultas

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO E INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN

La insuficiencia renal es un problema de salud con importancia a nivel mundial, cuyos síntomas pueden pasar desapercibidos hasta que la función renal se ve seriamente comprometida. **Entre las causas de la insuficiencia renal se encuentra la enfermedad poliquística renal (PKD)**, que se caracteriza por la formación de quistes en el riñón y se encuentra entre las principales causas de enfermedad renal en etapa terminal, ocupando el cuarto lugar en importancia.

En este estudio nos propusimos investigar si la proteína TRPV4 tenía alguna influencia en la progresión de la PKD. **Esta proteína es un canal iónico que regula el flujo de calcio hacia el interior de las células** y aunque se sabe que ciertas mutaciones en el gen que la codifica se asocian con padecimientos como neuropatías y displasias esqueléticas, su implicación en PKD aún no se había explorado. Por esta razón, nos planteamos **identificar la presencia de mutaciones en el gen TRPV4 en pacientes diagnosticados con PKD** y determinar si estas juegan un papel importante en la función del canal. Adicionalmente, **se investigaron por primera vez, los cambios biofísicos que se generan por estas mutaciones que afectan la función del canal**. En este proyecto se identificaron la mutación E6K, que no había sido descrita en estudios previos, y las mutaciones S94L y A217S, anteriormente asociadas con displasias esqueléticas o neuropatías, padecimientos ausentes en nuestros pacientes con PKD. Notablemente todas las mutaciones encontradas incrementan la actividad del canal TRPV4 y **las y los pacientes que las presentan tienen una mayor probabilidad de requerir diálisis o trasplante renal** en comparación con aquellos sin mutaciones.

En resumen, este estudio representa un avance significativo en la comprensión de la PKD, **identificando nuevos biomarcadores y abriendo nuevas vías para el desarrollo de tratamientos personalizados potenciales para pacientes con PKD**, brindando esperanza para mejorar su calidad de vida y pronóstico a largo plazo.

Tamara Luti Rosenbaum Emir, Teresa Tusié, Franciso Torres, Luis Eduardo Morales Buenrostro, León D. Islas, Itzel Llorente y Ana Hernández Vega

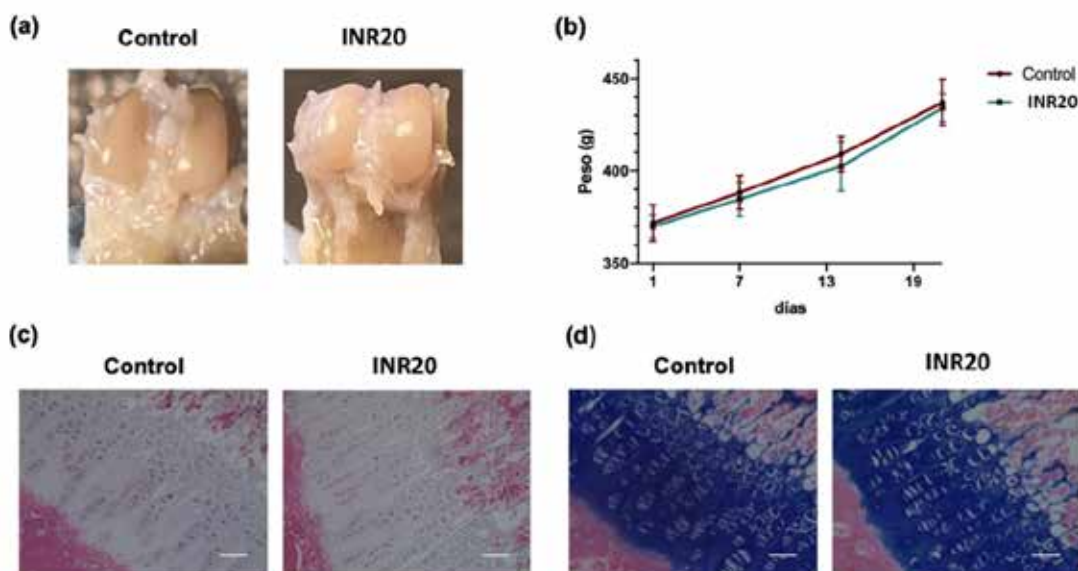
## Potencial terapéutico de un líquido viscoelástico no newtoniano de origen natural en el proceso degenerativo del cartílago articular

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA

La pérdida de la homeostasis (equilibrio entre todos los sistemas del cuerpo necesarios para sobrevivir y funcionar de forma adecuada) del tejido articular induce cambios degenerativos articulares y enfermedades musculoesqueléticas como la osteoartritis. Esta patología **representa la primera causa de discapacidad motora en personas mayores de 60 años**, impactando en su calidad de vida y en los costos del sistema de salud. En la actualidad, los tratamientos farmacológicos para esta enfermedad no logran atenuar su progresión, dando como resultado una pérdida funcional de la articulación.

El objetivo del proyecto es **evaluar la inocuidad y propiedades antioxidantes de un derivado de la miel de grado médico (INR20)** para su uso como viscoelástico en articulación de rodilla. Los resultados obtenidos son el **desarrollo de un viscoelástico grado médico** gracias a la aplicación de radiación de Cobalto-60 ( $^{60}\text{Co}$ ), ya que ésta mostró ser efectiva para el control microbiológico de las muestras del viscoelástico INR20. Así mismo hemos logrado un **incremento en las propiedades antioxidantes del viscoelástico INR20** ya que encontramos un mayor contenido de polifenoles. Adicionalmente, en el estudio *in vitro*, observamos un efecto metabólico positivo cuando estimulamos a esferoides de

### Inocuidad del INR20 en articulación de rodilla de rata



#### Inocuidad de la viscosuplementación con INR20 vía intra articular en rodilla de rata.

Características microscópicas del cartilago femoral (a). Peso de las ratas durante 21 días (b). Análisis microscópico del cartilago hiliario con tinción de hematoxilina-eosina (c) y azul alciano (d). Escala: 100  $\mu\text{m}$ .

condrocitos humanos con el INR20. Finalmente **pudimos demostrar la inocuidad del viscoelástico INR20** en la articulación de rata Wistar después de 21 días de tratamiento vía intra articular (30  $\mu$ L/1 dosis semanal) ya que mediante ecografía se corroboró la ausencia de inflamación en la cavidad articular y de cambios estructurales del cartílago.

Nuestros resultados demuestran que **el viscoelástico INR20 es inocuo y que posee un elevado contenido de polifenoles que confieren una alta actividad antioxidante**. Hemos sentado las bases para continuar estudiando la viscosuplementación INR20 grado médico y así impactar en el proceso degenerativo articular provocado por el estrés biomecánico, inflamatorio y oxidante característicos de la osteoartritis.

Alberto Gabriel López Reyes, Alberto Hidalgo Bravo, Carlos Martínez Armenta, Carlos Suarez Ahedo, Benjamín Leal Acevedo, Laura E. Martínez Gómez, Carina Soto Fajardo, Maylin Almonte Becerril, Nancy Parra Torres, Jessel Olea Torres, Brígida Herrera López, María C. Rubén Arriaga Sánchez, Carmen Camacho Rea, Luis E López Jácome, Luis Gómez Quiroz, Carlos Pineda, Gabriela A. Martínez Nava

## El reloj circadiano de los núcleos hipotálamicos: efecto de la metformina, el NAD<sup>+</sup> y la restricción temporal de alimento como terapias geroprotectoras

### INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA GENÓMICA

Durante el envejecimiento, diversos procesos moleculares y fisiológicos decaen, induciendo enfermedades asociadas como problemas mentales, problemas metabólicos, fragilidad o cáncer. En levaduras, gusanos, moscas, roedores, primates y humanos, **el consumo adecuado de calorías (restricción calórica: RC) es una intervención nutricional muy poderosa que retrasa los efectos nocivos del envejecimiento**. La RC actúa a través de sensores nutricionales y vías de señalización. La metformina (MET) actúa sobre estas vías, emulando la RC.

Por otro lado, el NAD<sup>+</sup> (NR), un derivado de la vitamina B3 (niacina), es un metabolito esencial que decae durante el envejecimiento y que aumenta con la RC, **también induce efectos similares mediante la activación de las sirtuinas (proteínas)**. Ambos compuestos mejoran el control metabólico y la capacidad cognitiva tanto en modelos animales como en individuos.

En modelos murinos (roedores) se ha demostrado que la d-galactosa (D-gal) induce estrés oxidativo, así como **cambios asociados al envejecimiento**, que incluyen metabólicos, como **mayor peso corporal, cantidad de grasa en tejido adiposo e hígado, cambios en el gasto energético**, uso de sustrato energético o disminución en la resistencia muscular. Además, el D-gal induce **mayor ansiedad y una reducción en la capacidad de aprendizaje**.

Para **identificar los efectos y mecanismos de la MET y el precursor del NAD<sup>+</sup>**, hemos inducido envejecimiento en ratones tratados con D-gal durante cuatro meses y co-tratados con MET o NR.

Identificamos efectos específicos entre ambos tratamientos. Si bien **ambos inducen una reducción en la ganancia de peso**, el NR induce la utilización de una mayor proporción de glucosa como sustrato energético, mientras la MET de ácidos grasos. El NR evita notablemente la pérdida de resistencia muscular, mientras que la MET además la mejora. Tanto la MET como el NR **reducen similarmente el nivel de ansiedad**, mientras que el NR no solo muestra un efecto protector en la reducción de la capacidad de memorización sino además un aumento en dicha capacidad.

Estos resultados muestran que, si bien la MET y el NR inducen efectos geroprotectores, también presentan efectos específicos de cada uno, tanto en el control metabólico como de comportamiento. Por ello, para identificar firmas génicas comunes y específicas de cada tratamiento, estamos por realizar análisis transcriptómico **para identificar las respuestas en la expresión de cientos de miles de genes simultáneamente en regiones del cerebro involucradas** en procesos cognitivos como la corteza prefrontal y el hipocampo, así como en el control fisiológico y metabólico como el hipotálamo.

**Tabla 1. Efectos del d-galactosa (D-gal), metformina (MET) y ribosido nicotinamida (NR) en distintos parámetros metabólicos y comportamentales asociados al envejecimiento en ratones**

Grupo	Peso corporal (g)	ROS (ua)	Lipidos (gotas)	Lipidos (gotas)
	semana 30	músculo	hígado	músculo
Salina	34.5 ± 1.26 ns	2496 ± 595.5**	6305 ± 767.9**	268.8 ± 77.6
D-gal	37.08 ± 1.84	8060 ± 1320	10048 ± 908	240.2 ± 50.09
D-gal+MET	32.9 ± 0.66 *	3915 ± 1201*	6954 ± 936.8*	116 ± 32.18**
D-gal+NR	29.61 ± 0.9 **	pd	pd	pd

Grupo	Gasto de energía kcal/hr/g		Relacion intercambio respiratorio (ua)	
	día	noche	día	noche
Salina	13237 ± 676.2	14203 ± 605.7	0.92 ± 0.0065	0.86 ± 0.011*
D-gal	14605 ± 320.2	15674 ± 439.2	0.89 ± 0.0091	0.84 ± 0.0081
D-gal+MET	14871 ± 146.8	15558 ± 241.8	0.89 ± 0.013	0.83 ± 0.012
D-gal+NR	11802 ± 187.2	13164 ± 248.6	0.91 ± 0.0052	0.86 ± 0.0076*

Grupo	Oxidación de carbohidratos ml/kg/hr		Oxidación de lípidos ml/kg/hr	
	día	noche	día	noche
Salina	2014 ± 155.5	2774 ± 135.8	588 ± 43.73*	371.9 ± 31.61**
D-gal	1890 ± 101.8	2794 ± 172.8	776.5 ± 49.48	552.5 ± 38.39
D-gal+MET	1888 ± 117.2	2740 ± 140.9	814.1 ± 56.28	567.7 ± 71.81
D-gal+NR	1664 ± 72.35	2504 ± 65.84	558.5 ± 37.82**	373 ± 21.92**

Grupo	Resistencia muscular (ua)	Ansiedad (ua)	Capacidad de memorizacion (ua)
	Salina	60.58 ± 7.4	3.5 ± 0.59**
D-gal	37.19 ± 8.1	7.6 ± 0.94	56.91 ± 3.4
D-gal+MET	88.14 ± 9.8**	4.2 ± 1.06*	65.36 ± 3.7
D-gal+NR	59.46 ± 7	3.8 ± 0.89*	76.14 ± 2.5***

Valores promedio ± se.\*P<0.05, \*\* P<0.01, \*\*\*P<0.001 vs D-gal; t-test no pareada, n=8. ROS, especies reactivas de oxígeno; ua, unidades arbitrarias; pd, por determinar.

David Ricardo Orozco Solís y Adriana Margarita Hernández Marquina

## Desarrollo preclínico del análogo de la vasoinhibina VIAN-c4551 para su uso terapéutico en la retinopatía diabética

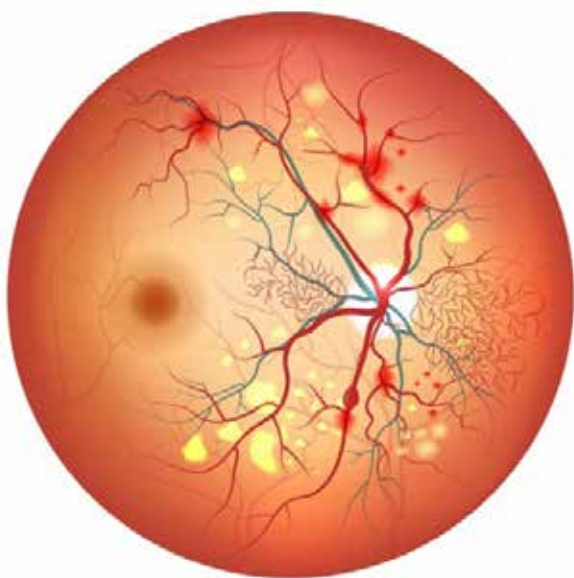
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA, UNAM CAMPUS JURQUILLA, QUERÉTARO

La diabetes mellitus es un factor desencadenante de **Retinopatía Diabética (RD)**, afectando al 75% de los pacientes después de 15 a 20 años de diagnóstico. Con la prevalencia alarmante del 10% a nivel mundial y del 18.3% en México de diabetes (Ensanut 2022), la RD representa una amenaza significativa para la salud visual de millones de personas en todo el mundo, siendo una de las principales causas de ceguera en adultos. **La vasopermeabilidad excesiva y la proliferación de los vasos sanguíneos (angiogénesis) en la retina son responsables de la pérdida de la visión en estos pacientes.** Los tratamientos actuales, como las inyecciones oculares, son invasivos, tienen limitaciones en su efectividad y solo son aplicables en etapas avanzadas del padecimiento, eventualmente pierden eficacia y tienen un costo elevado.

Hace poco más de tres décadas, en nuestro laboratorio se descubrió a la vasoinhibina, una **proteína natural que reduce tanto la vasopermeabilidad como la angiogénesis de la retina** en modelos experimentales de RD y cuya traslación a la clínica ha sido impulsada por el reciente desarrollo de su análogo VIAN-c4551. Este es un péptido circular de siete aminoácidos, potente, estable y oralmente activo **protegido por solicitudes de patente** en los principales mercados internaciona-



El VIAN-c4551 podría convertirse en el primer medicamento antiangiogénico de uso tópico para prevenir y revertir la pérdida de la visión



La diabetes mellitus es un factor desencadenante de Retinopatía Diabética

les. Con el apoyo de la Sectei, nos hemos propuesto impulsar el desarrollo preclínico del VIAN-C4551 para el tratamiento de la RD, con el objetivo claro de evaluar su eficacia y sus propiedades farmacológicas.

Hasta este momento, nuestros estudios han demostrado que la administración tópica ocular del VIAN-C4551 mediante gotas oftálmicas en roedores **tiene una alta eficacia para prevenir y revertir la RD**. Los parámetros farmacocinéticos oculares del VIAN-C4551 son prometedores, ya que atraviesa las barreras oculares y alcanza la retina de ratas y conejos a concentraciones supra-terapéuticas. Al ser una molécula pequeña de solo 768 Da, su producción es sencilla y tiene un costo bajo. Además, su naturaleza endógena **sugiere una baja o nula toxicidad, permitiendo un uso tópico u oral** menos invasivo que las inyecciones oculares y claras ventajas de apego al tratamiento y dosificación.

El desarrollo del VIAN-C4551 como medicamento reviste un complejo proceso caracterizado por constantes incertidumbres y elevados costos. Los estudios preclínicos requieren demostrar la calidad, seguridad y eficacia necesarias antes de iniciar pruebas clínicas en humanos.

De tener éxito, **el VIAN-C4551 podría convertirse en el primer medicamento antiangiogénico de uso tópico para prevenir y revertir la pérdida de la visión** en la RD y otras retinopatías vasoproliferativas.

Carmen Clapp, Juan Pablo Robles, Elva Adán Castro, Magdalena Zamora, Daniela Granados Carrasco, Lourdes Siqueiros Márquez, José F. García Rodrigo, Alma Lorena Pérez, Gonzalo Martínez de la Escalera



## La simulación clínica para la enseñanza médica

INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA, UNAM

En la actualidad, la atención del paciente demanda personas altamente calificadas y equipadas con las herramientas necesarias para llevar a cabo un diagnóstico preciso y para implementar estrategias efectivas de prevención, planeación y tratamiento de las afecciones y padecimientos que aquejan a las y los pacientes. Es crucial que las intervenciones clínicas y quirúrgicas sean realizados por personas expertas con altas competencias y experiencia adecuada. En general, **el personal médico adquiere estas competencias a largo de años de capacitación**, a menudo bajo la mentoría de maestras y maestros expertos que transfieren su conocimiento a través de videos de cirugía o de la práctica durante intervenciones y cirugías con pacientes. Sin embargo, por razones de seguridad para los pacientes, estas oportunidades son limitadas, principalmente al inicio de su formación como especialistas.

La Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud, reconocen esta problemática y promueven el uso de modelos y herramientas tecnológicas de simulación clínica y quirúrgica para complementar la formación de las y los profesionales de la salud, **facilitando el aprendizaje, el reforzamiento de habilidades y la planificación de tratamientos**. Existen diferentes tipos de simuladores, desde modelos anatómicos, maniquíes robotizados y simuladores por realidad virtual que reproducen aspectos fisiológicos y patológicos particulares, hasta modelos biológicos de alta fidelidad.



Dr. Miguel Ángel Padilla haciendo uso de simulaciones clínicas



Dr. Miguel Ángel Padilla haciendo uso de simulaciones clínicas

En países como Estados Unidos, el entrenamiento con simuladores clínicos y quirúrgicos ya es parte integral de algunos programas de estudio para diversas especialidades. Las personas residentes deben **completar un número mínimo de horas de práctica en modelos y simuladores antes de tener acceso a intervenciones con pacientes reales**, siguiendo un enfoque progresivo desde casos sencillos hasta intervenciones cada vez más complejas.

En el caso de México y otros países, **existe una gran necesidad de desarrollar nuevas herramientas de simulación e incorporarlas en los planes de estudios de capacitación de los médicos en formación** para mejorar la atención y la seguridad para el paciente y el personal médico, así como para satisfacer la creciente demanda de servicios de salud. Gracias al proyecto “**Laboratorio de investigación y desarrollo de simuladores clínicos y cirugía asistida por computadora**”, financiado por la Sectei, el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología de la UNAM en colaboración con el Hospital General de México (HGM), es **pionero en la generación de modelos y herramientas de simulación clínica y quirúrgica**, los cuales serán ubicados en el HGM para el entrenamiento de médicos residentes. Se espera que la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico en nuestro país, basadas en áreas emergentes como la **realidad virtual, la realidad aumentada, la robótica, la inteligencia artificial, la simulación por computadora y la manufactura aditiva**, entre otras, permitan el establecimiento de nuevas y mejores herramientas de simulación dentro de los hospitales e instituciones de salud nacionales, de manera sustentable y competitiva.

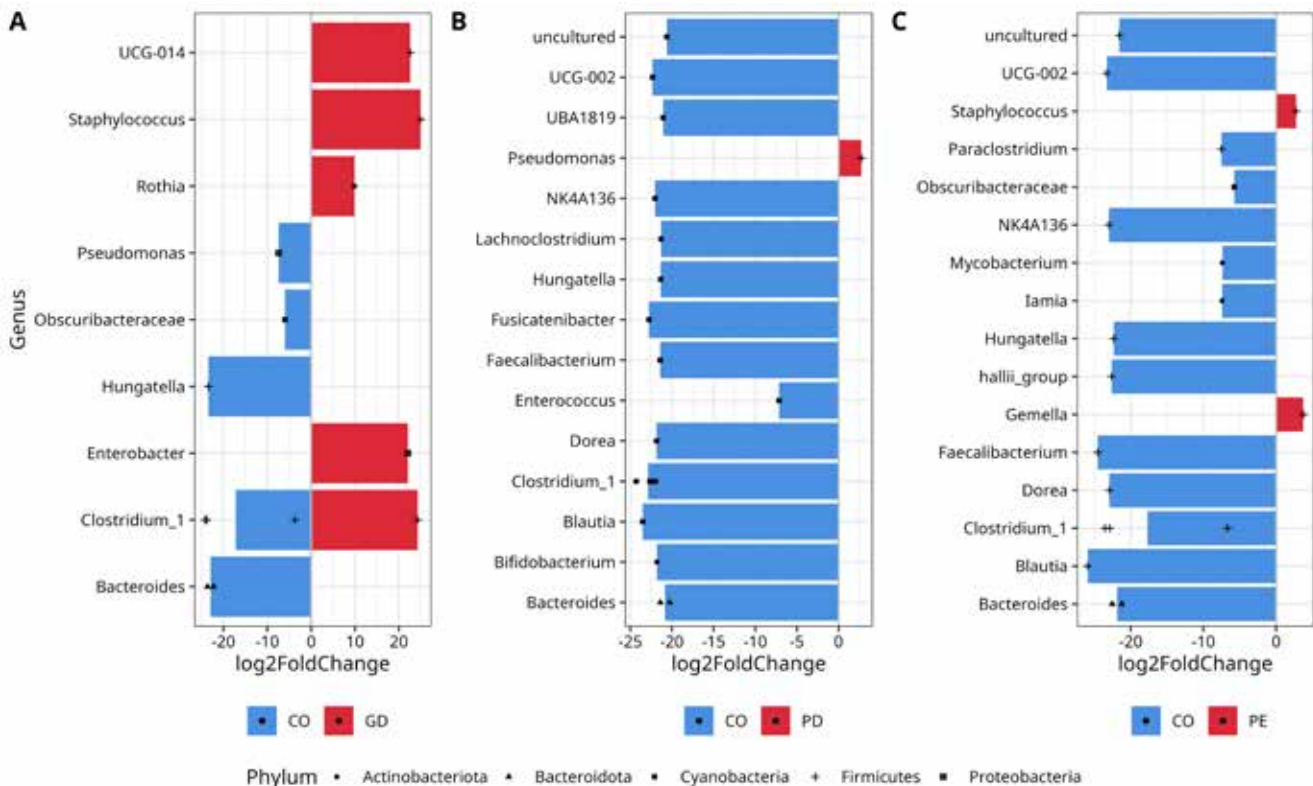
Miguel Ángel Padilla Castañeda, César Fabián Domínguez Velasco y Juan Salvador Pérez Lomelí

## Influencia de la microbiota intestinal en el desarrollo de factores de riesgo en pacientes con diabetes mellitus gestacional

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DE ESTUDIOS AVANZADOS, CINVESTAV

Se sabe que la diabetes gestacional (GD), la diabetes pregestacional (PD) y la preeclampsia (EP) son patologías que afectan la salud de la madre durante la gestación y se ha reportado que **están asociadas con la alteración de la microbiota intestinal** (disbiosis). En este estudio, financiado por la Sectei, se realizó la **caracterización de la microbiota intestinal** (flora intestinal) en mujeres mexicanas que enfrentan condiciones adversas durante el embarazo.

En esta investigación nos propusimos como objetivo **explorar y evaluar cómo estas condiciones afectan la diversidad de la microbiota intestinal**, la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y el perfil de metabolitos fecales, en mujeres mexicanas afectadas por estas enfermedades. Para determinar la relación de la microbiota intestinal se **recolectaron muestras fecales de mujeres en el tercer trimestre del embarazo**, con y sin datos clínicos y bioquímicos consistentes con GD, PD o EP. La caracterización de la microbiota intestinal se realizó mediante tecnologías avanzadas como la secuenciación masiva del ADN de las bacterias de la microbiota contenidas en las heces de las pacientes.



Los AGCC y los metabolitos fecales se cuantificaron mediante HPLC y espectrofotometría de masas de resonancia, respectivamente. Aunque no encontramos diferencias estadísticamente significativas en las diversidades alfa y beta de la microbiota entre pacientes embarazadas con GD, PD, EP y mujeres sanas, observamos una **diferencia altamente significativa en la abundancia de ciertos grupos bacterianos** como Proteobacteria, seguido del filo Firmicutes y el filo Bacteroidota, entre las diferentes condiciones de salud gestacionales.

Por otra parte, **identificamos asociaciones significativas de géneros bacterianos específicos con cada condición de salud**. Además, los análisis de correlación utilizando la prueba de Spearman mostraron asociaciones entre los datos antropométricos, bioquímicos, dietéticos, AGCC seleccionados y las abundancias bacterianas específicas. Aunque la HPLC no mostró diferencias relevantes en el contenido de AGCC entre los grupos estudiados, la espectrofotometría de masas de resonancia reveló la presencia de metabolitos de naturaleza compleja, como el ácido fenólico, valérico, araquidónico y caprílico.

La principal conclusión de nuestro trabajo es que **GD, PD y EP están asociados con perfiles únicos de microbiota bacteriana intestinal, con metagenomas predictivos particulares y producción de metabolitos**. Estos resultados nos acercan a comprender mejor cómo estas condiciones afectan la salud materna durante el embarazo y podrían sugerir nuevas estrategias de intervención y tratamiento.

Tizziani Benitez Guerrero, Juan Manuel Vélez Ixta, Carmen Josefina Juárez Castelán, Karina Corona Cervantes, Alberto Piña Escobedo, Helga Martínez Corona, Amapola De Sales Millán, Yair Cruz Narváez, Carlos Yamel Gómez Cruz, Tito Ramirez Lozada, Gustavo Acosta Altamirano, Mónica Sierra Martínez, Paola Berenice Zárate Segura y Jaime García Mena

## Una intervención dirigida a los primeros mil días de vida para contribuir a disminuir la obesidad infantil y sus comorbilidades

UNIDAD DE VINCULACIÓN DE LA FACULTAD DE MEDICINA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA GENÓMICA

Este proyecto ha sido una iniciativa relevante respaldada por la Sectei. Este reunió a diferentes investigadores de la UNAM y del Instituto Nacional de Medicina Genómica (Inmegen), quienes realizaron **actividades clínicas de beneficio directo para población de la Ciudad de México**, aplicando tecnologías de alta complejidad para el estudio de diferentes factores nocivos para la salud. La atención de las condiciones de salud y nutrición de la población que acude a la Secretaría de Salud del Gobierno de la Ciudad de México resultó aún más relevante, ya que la operación del proyecto coincidió con la emergencia sanitaria por Covid-19. Como es bien sabido, la pandemia generó una crisis global de salud, económica y social, afectando especialmente a los sectores más vulnerables de la población.



Una alimentación adecuada durante los primeros mil días de vida, incluyendo la lactancia materna exclusiva durante los primeros seis meses asegura un crecimiento y desarrollo saludable del niño, y puede reducir el riesgo a enfermedades como obesidad y diabetes en la vida adulta.

Para el desarrollo del proyecto contamos con un equipo de especialistas médicos que trabajaron en el Centro de Salud Jalalpa El Grande, ubicado en la demarcación sanitaria Álvaro Obregón. En este Centro **se ofreció un programa integral de atención médica y nutricional**, completamente gratuito y de fácil acceso para mujeres embarazadas y menores de seis años. El objetivo principal fue **atender tanto la salud de la madre como el desarrollo temprano del bebé, empezando desde la etapa de vida intrauterina**. Esta etapa es crucial para la salud futura del infante, ya que durante este periodo ocurren una serie de cambios en su organismo que están influenciados por las condiciones que le rodean, tales como las enfermedades que su madre padeció durante el embarazo y la calidad de su alimentación durante los primeros años de vida. **Los cambios que ocurren durante esta etapa pueden ser permanentes y estar presentes en la vida adulta**, incluso, conferir un mayor riesgo para desarrollar obesidad y sus enfermedades asociadas, como la diabetes.

En este proyecto, **identificamos un preocupante estado de salud nutricional al inicio y durante el embarazo**, así como una alta prevalencia de diabetes gestacional, reflejando el deterioro en la calidad de la alimentación de la embarazada. Asimismo, documentamos que el **20% de las y los niños presentaban desnutrición crónica**, un dato alarmante que ha sido abordado por nuestros equipos médicos mediante un programa dirigido a cuidar la salud de la mujer embarazada, promover la lactancia exclusiva al pecho durante los primeros seis meses de vida, el seguimiento pediátrico, la adecuada introducción de alimentos complementarios a la lactancia a partir de los seis meses de vida y la educación alimentaria familiar.

Además, ahora estamos investigando los llamados **mecanismos epigenéticos, algunos de los cuáles son cambios influenciados por el ambiente** que provocan que se modifique la actividad de la información contenida en los genes, y esto es lo que puede suceder en los individuos durante los primeros mil días de vida si se exponen a factores adversos como los mencionados arriba.

El proyecto contribuyó a **reforzar la calidad de los servicios de atención ofrecidos por el sistema público de salud del gobierno de la Ciudad de México**, dirigidos al cuidado de la embarazada y de los infantes. Los resultados obtenidos refuerzan la importancia de que toda mujer embarazada, así como los niños y niñas, especialmente menores de cinco años, acudan a estos servicios de salud para prevenir complicaciones y mejorar su calidad de vida presente y futura.

Es importante tener presente que brindar atención médica y **una alimentación adecuada durante los primeros mil días de vida**, incluyendo la lactancia materna exclusiva durante los primeros seis meses y después la introducción de alimentos complementarios, no solo es esencial para asegurar un crecimiento y desarrollo saludable del infante, sino que, **en la vida adulta puede reducir el riesgo a enfermedades como obesidad y diabetes**.

Felipe Vadillo Ortega, Sheyla Hernández Ramírez y Jessica Soriano Valdéz



# PROYECTOS COVID-19

Dra. Jesús Ofelia Angulo Guerrero

SECRETARIA DE EDUCACIÓN, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

La pandemia de Covid-19 ha sido un desafío sin precedentes que ha impulsado a la Ciudad de México a fortalecer sus capacidades científicas y tecnológicas para enfrentar emergencias sanitarias globales. Uno de los pilares fundamentales de esta respuesta ha sido la vigilancia epidemiológica y el desarrollo de una serie de proyectos innovadores apoyados por la Sectei. Investigadores y laboratorios de diversas instituciones han colaborado para desarrollar soluciones efectivas que van desde la secuenciación del genoma completo del virus SARS-COV-2 y su detección en aguas residuales, hasta el desarrollo de infraestructura de bioseguridad de nivel 3 (BSL3) y el diseño de herramientas económicas y efectivas para el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad o de materiales avanzados para equipos de protección personal como mascarillas N95.

En conjunto, estas investigaciones reflejan el compromiso y la capacidad de la Ciudad de México para enfrentar desafíos globales mediante la ciencia y la tecnología. Con el respaldo continuo de instituciones gubernamentales y académicas, la ciudad está mejor preparada no solo para responder a pandemias futuras, sino también para liderar iniciativas de investigación y desarrollo que beneficien a la sociedad a nivel nacional e internacional.





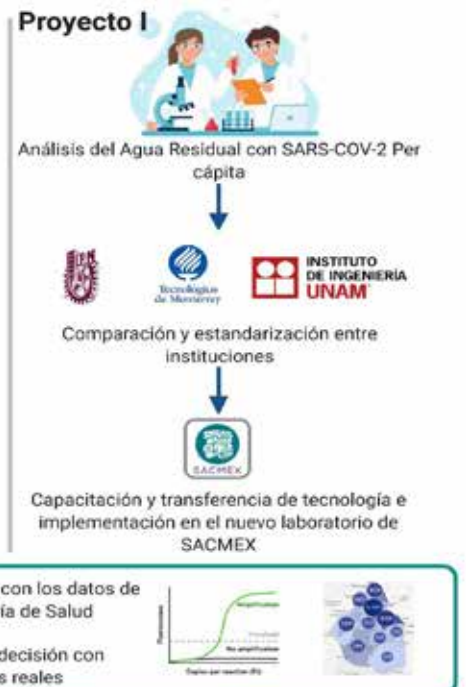
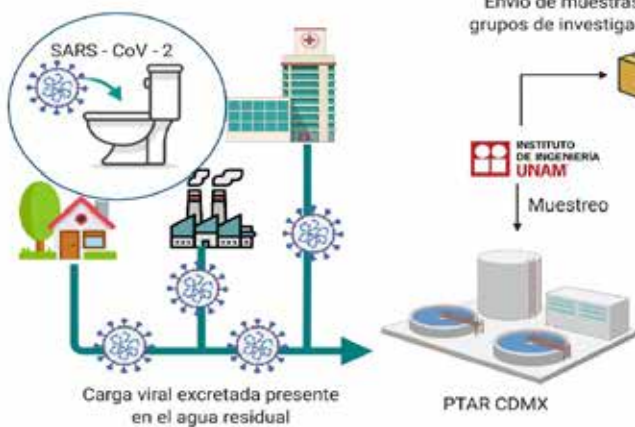
## Monitoreo de material genético de SARS-CoV-2 que produce la enfermedad Covid-19 en aguas residuales de la Ciudad de México y la transferencia de protocolos a Sacmex

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY, SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO, ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DEL IPN, INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM Y ARIZONA STATE UNIVERSITY

Este proyecto propuso el desarrollo de un sistema de vigilancia epidemiológica basado en aguas residuales para el monitoreo del SARS-COV-2 (Covid-19). Se realizó la transferencia de tecnología de detección de Covid-19 al Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex), al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), quienes fueron los equipos participantes. Esta transferencia se realizó por parte del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y Arizona State University (ASU).

Durante el desarrollo del proyecto, se llevaron a cabo diversas actividades. Se realizó la transferencia del protocolo de seguridad en laboratorio para el monitoreo de Covid-19, así como el protocolo de colección y preservación de muestras. Se determinaron los puntos de muestreo y se realizaron muestreos en Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y otros sitios de interés.

### Proyecto de monitoreo del SARS-CoV-2 en aguas residuales de la Ciudad de México



SECTEI



### Estudio inter-laboratorio para estandarización (28 de junio 2021)

#### Puntos analizados

PTAR Chapultepec  
Hospital A IMSS General de Zona 30  
Hospital B IMSS General de Zona 2A "Troncoso"  
PTAR Ciudad Deportiva  
Planta de bombeo Aculco

#### Laboratorios

UNAM-lancis  
UNAM-Juriquilla  
UNAM-CU  
Tecnológico de Monterrey  
Sacmex  
IPN  
ASU Comparación



Se transfirieron los protocolos de pretratamiento y concentración de las muestras, así como la tecnología para el procesamiento de las muestras y la cuantificación de la carga viral por medio de técnicas moleculares para la identificación de genes relacionados al SARS-COV-2 N1 y N2, los protocolos fueron estandarizados entre ITESM, IPN, Sacmex y los laboratorios de la UNAM, y se capacitó al personal de Sacmex en el laboratorio de la UNAM CU, lo cual dio inicio al monitoreo de cinco puntos durante siete semanas, lo que a su vez permitió el desarrollo y puso en operación un visualizador en una plataforma de “data studio” para mostrar los resultados de los cinco puntos de muestreo seleccionados estratégicamente en la Ciudad de México. Al finalizar, se entregó a Sacmex el programa computacional desarrollado y la licencia gratuita.

Los resultados obtenidos durante el proyecto incluyen el desarrollo de un protocolo estandarizado, la transferencia de tecnología y protocolos por parte del ITESM para la detección de SARS-COV-2 por los laboratorios participantes, y la confirmación de los resultados de copias virales con las entidades ASU e ITESM. Se desarrolló un tablero que desglosa la información del número de copias de virus obtenidas en las aguas residuales de los puntos de muestreo. Este proyecto generó un sistema de vigilancia epidemiológica basado en aguas residuales con cobertura para toda el área metropolitana de la Ciudad de México, resultando en un sistema de alerta temprana para la prevención de rebrotes de la enfermedad y la predicción de picos de contagio durante el monitoreo. Sumando esfuerzos con las demás políticas públicas en Pandemia.

Roberto Parra Saldivar, Juan Eduardo Sosa Hernández, Mariel Araceli Oyervides Muños, Angélica Juárez Amaro, Luis Antonio Nava Vargas, Mónica Lizeth Torres Beltrán y Raúl Viveros Calderón

## Termómetros Digitales a Distancia para su uso en Hospitales Covid-19

INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM

El objetivo primordial de este proyecto, se circunscribe al desarrollo, prueba, fabricación y evaluación de diez prototipos concepto y 100 prototipos de producción, de un termómetro digital infrarrojo de uso común necesario en el sector salud, garantizando tanto su factibilidad técnica como económica, a partir de **un diseño propio, que se pueda fabricar y calibrar en México apoyando a la industria nacional** de ensamble electrónico y la relacionada con la industria de inyección de plástico.

El diseño del termómetro se inició **para resolver el problema de escasez de termómetros infrarrojos de no contacto** y se busca que este tipo de proyectos permitan elevar la industria electrónica nacional enfocada a la salud.

Durante el proceso de diseño, **se probaron dos diferentes tipos de sensores infrarrojos para la medición de temperatura corporal**. El primero de ellos fue un sensor con salida digital y el segundo con salida analógica en el rango de las unidades de milésima de volt.

Con el sensor de salida analógica se hicieron dos tipos de termómetros, uno fijo y otro móvil. Mientras que con el sensor digital solo se hizo la versión móvil; pero no se consideró para una producción industrial, debido a su costo que es de cinco a 15 veces más caro que el de salida analógica. Además de que siempre y cuando el sensor analógico cumpla con las especificaciones del diseño, se tienen muchas opciones en el mercado **dando como resultado un diseño más versátil**.

Enrique Ramón Gómez Rosas, Miguel A.Mendoza García, Luis A. De la Cruz Velazquez, David Abrahan Santoyo García y Arturo Palacio Reyes



Diseño de termómetros digitales móviles (izquierda) y fijos (derecha)

## Hisopos poliméricos fabricados por impresión 3D para la toma de muestra en el diagnóstico de personas con sospecha de infección por SARS-CoV 2

INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA DE LA UNAM

El Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) de la UNAM ha desarrollado una solución innovadora para mejorar el acceso a los hisopos en la detección del SARS-COV-2. El proyecto tuvo como objetivo **validar y llevar a la práctica clínica hisopos poliméricos fabricados mediante impresión 3D**, permitiendo su rápida producción y distribución en los hospitales de la Ciudad de México que los necesiten.

Durante el desarrollo del proyecto se abordaron aspectos tecnológicos, médicos y de escalabilidad para una producción sostenida. Además, **se gestionó el registro de la propiedad intelectual y se promovió la adopción de esta tecnología por parte de la Secretaría de Salud**. Así, se logró el diseño de un prototipo de hisopo por impresión 3D para la toma de muestras en el diagnóstico de Covid-19, utilizando polímeros de grado médico y bio-compostable como el ácido poliláctico (PLA) y el termoplástico (TPE).

Los hisopos fueron fabricados de manera sencilla y ofrecen una **alternativa viable y accesible frente a los hisopos clásicos, con posibilidad de fabricación mexicana y accesibles a precios competitivos**. Esta tecnología propuso mitigar los problemas de acceso a este insumo básico en la prueba de detección del SARS-COV-2 debido a la restricción en su comercialización dada la excesiva demanda de uso a nivel internacional durante la época de pandemia.

Se desarrollaron cuatro modelos adaptados a diferentes necesidades clínicas: **nasofaríngeo pediátrico, nasofaríngeo adulto, orofaríngeo adulto y nasofaríngeo adulto**. La validación clínica se llevó a cabo en el Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”, donde se realizó un estudio con la participación de 42 personas. La colaboración con las empresas TROKAR S.A. de C.V. y ADES 3D permitió escalar de la producción de los hisopos en un volumen de fabricación medio.

Se entregaron más de 100 muestras a Sedesa, INCMNSZ, INP, UNAM y al Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos (InDRE) como estrategia de socialización y adopción de esta tecnología en el ámbito sanitario.



Celia Angelina Sánchez Pérez

## Desarrollo de mascarillas de alta eficiencia para manejo de pacientes con Covid-19

UNAM, ATFIL

El objetivo principal del proyecto fue **desarrollar una línea de producción de mascarillas N95 de alta eficiencia de filtración**, con la finalidad de contener la propagación del virus SARS-COV-2. El uso de mascarillas fue señalado como medida preventiva importante en la contención de la enfermedad conocida como Covid-19. Para conseguir el objetivo, **se diseñó una mascarilla que tomará como referencia diferentes perfiles faciales y geometrías de modelos de mascarillas existentes en el mercado**. También se realizó una investigación para definir los materiales idóneos y las características necesarias para obtener una mascarilla N95 de alta eficiencia de filtración.

La mascarilla resultante **está compuesta por cinco capas de distintos materiales que aseguran la alta eficiencia de filtrado**: dos capas exteriores de tela sintética repelente a microgotas; dos capas internas de tela sintética que conserva su forma al ser procesada con calor (termoformable) y una capa central de medio filtrante Meltblown de polipropileno, con capacidad de retención de partículas mayores a 0.3 micras.



Desarrollo de una línea de producción de mascarillas N95 de alta eficiencia de filtración por la empresa Atfil durante la emergencia sanitaria



Las mascarillas N95 cuentan con registro sanitario ante la Cofepris, durante la emergencia se produjeron semanalmente hasta 40 mil mascarillas

El primer lote de mascarillas fue sometido a evaluación por usuarios profesionales de la salud en el Hospital Infantil de México Federico Gómez, el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas y el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

El producto final obtenido fue un insumo de protección personal que cumplió con todos los estándares de calidad, **logrando obtener una mascarilla N95 con registro sanitario 520c2020 SSA ante la Cofepris** y el certificado de conformidad con la NOM-116-STPS-2009 con número de certificado NYC-2002C0Z00204, otorgado por el Organismo de Normalización y Certificación NYCE. La línea de producción se inauguró oficialmente el día 19 de mayo del 2020, **produciendo semanalmente hasta 40 mil mascarillas**, lo que permitió suministrar mascarillas a la Secretaría de Salud de la Ciudad de México, Servicios de Salud Pública e Institutos Nacionales de Salud.

El desarrollo de la mascarilla fue crucial para la Ciudad de México, se **logró atender y responder en tiempo y forma a la problemática de desabasto de equipo de protección médico** que desencadenó la emergencia sanitaria por Covid-19, garantizando la continuidad de la atención médica. Además, representó un producto mexicano de alta calidad que cumple con los estándares normativos, brindando confianza y certeza de la calidad del producto.

María Cristina Verde Rodarte, Luis Agustín Álvarez-Icaza Longoria  
y Alejandro C. Ramírez Reivich

## Diseño y desarrollo de materiales filtrantes de alta eficiencia para la creación de mascarillas y otros equipos de protección con capacidad de inactivar virus y bacterias

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS Y FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNAM, HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO, INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

La necesidad de disminuir las infecciones por SARS-COV-2 que conllevaron a las condiciones vividas durante la pandemia por Covid-19 nos impuso la necesidad de utilizar cubrebocas o mascarillas, las cuales tienen diferentes niveles de filtración de partículas, siendo las más efectivas las que ofrecen 95% de eficiencia. Estas mascarillas escasearon durante la pandemia ya que el material base solo es producido en China. De aquí que el presente proyecto tuvo dos objetivos básicos, uno fue **evaluar la posibilidad de tener un material filtrante basado en espuma de poliuretano** que permitiera alcanzar altos niveles de filtración y pudiese incorporarse en las mascarillas producidas, sin embargo, la espuma de poliuretano, si bien puede producirse de forma muy económica, por sí sola no pue-



Laboratorio del Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM



Mascarillas N95 SakCu® con nanocapa de plata-cobre

de ofrecer la filtración adecuada, aunque puede incorporarse en las mascarillas N95 desarrolladas en la UNAM con el apoyo de Sectei y en combinación con otras capas de polipropileno permiten alcanzar el filtrado, pero no de forma única. El segundo objetivo tenía un mayor componente de innovación, **producir una capa superficial que al depositarla sobre la mascarilla tuviese un efecto antimicrobiano, eliminando los virus y bacterias** que se acumulan durante el proceso de filtración en las mascarillas y que conllevan a un alto riesgo de infección cruzada, este objetivo resultó ser un éxito rotundo, ya que **la nanocapa de plata-cobre depositada sobre polipropileno elimina al virus del SARS-cov-2 desde las primeras cuatro horas de contacto** e inhibe el crecimiento de bacterias patógenas multidrogaresistentes en las primeras dos horas de contacto.

Con este material **se produjeron cubrebocas de tela, lavables y reutilizables**, las cuales estuvieron disponibles para el público en general, se demostró la viabilidad de incorporarlas en las mascarillas N95, **se obtuvieron tres registros de marca propia (SakCu®)**, existe una **patente solicitada**, **dos artículos publicados en revistas indizadas** y decenas de notas en periódicos nacionales e internacionales, así como en otros medios masivos de divulgación.

En resumen, nuestro proyecto no solo abordó las necesidades inmediatas durante la pandemia, sino que también **sentó las bases para futuras innovaciones en la protección personal y la salud pública.**

Antonio Sánchez Solís y Sandra Elizabeth Rodil Posada



## Oxímetros para el monitoreo de personas con la enfermedad por Covid-19

INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA DE LA UNAM

El Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) de la UNAM lideró un proyecto colaborativo que involucró a investigadores y estudiantes de posgrado en el desarrollo de oxímetros diseñados específicamente para el monitoreo de pacientes con Covid-19. Este esfuerzo integral partió desde la concepción inicial hasta la creación de prototipos funcionales y su validación clínica para su certificación y comercialización en colaboración con la Sectei.

En el proceso, la Secretaría de Salud analizó un total de **18 prototipos en físico, y se validaron dos diseños diferentes**, uno convencional y el otro con conexión bluetooth.

El primer prototipo se nombró **OxiPuma**, el cual es un oxímetro de formato convencional, pero con batería recargable y un despliegue simultáneo en la pantalla de un dispositivo móvil como teléfono Android.

El segundo concepto se nombró **OxiCAT**, el cual tiene un formato de sensor convencional, pero con una alimentación externa de larga duración, una pantalla y un software para teléfono móvil que permite una afinación extremadamente detallada de los parámetros físicos de la medición durante su uso normal.



Prototipo de oxímetro de pulso OxiPuma, con un buen desempeño en mediciones de SpO2 y FC en un diseño compacto, batería recargable de ion-litio y comunicación Bluetooth con un dispositivo móvil.



Prototipos de oxímetro de pulso OxiPuma

**Ambos diseños fueron sometidos a pruebas exhaustivas y optimizaciones rigurosas**, incluyendo el desarrollo de software y algoritmos de medición para garantizar precisión y funcionalidad. El prototipo OxiPuma ha sido validado por la Sedesa y está listo para continuar con los procesos de mejora continua, transferencia tecnológica y certificación necesarios.

Impacto: al finalizar el proyecto, **se lograron desarrollar y validar dos diseños innovadores de oxímetros** que ofrecen herramientas efectivas para el monitoreo de la saturación de oxígeno en pacientes con Covid-19. Estos avances representan un paso significativo en la tecnología médica, proporcionando dispositivos cruciales para la atención y manejo de la enfermedad en la población general y en entornos clínicos.

Naser Qureshi y Celia Angelina Sánchez Pérez

## Preparación para una pandemia: Puesta en marcha de laboratorios con nivel de seguridad BSL3 en la UNAM

### INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA UNAM

La pandemia de Covid-19 ha transformado al mundo. En el primer trimestre del 2020, en el Instituto de Biotecnología (IBt) de la UNAM se inició el desarrollo de una vacuna contra SARS-COV-2. Este esfuerzo reveló la **urgente necesidad de contar con laboratorios con alto nivel de bioseguridad (BSL3)** que cumplieran con las **Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL)** internacionales para garantizar el desarrollo de vacunas de alta seguridad y eficacia.

En colaboración con la Sectei, quién ya había identificado la necesidad de contar con laboratorios BSL3, **se emprendió un proyecto integral para actualizar, equipar y dotar de BPL a dos laboratorios existentes en la UNAM**, uno en el Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB) y otro en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ). La Facultad de Química de la UNAM contribuyó con su experiencia en BPL, además de contar con el apoyo decidido de la Coordinación de la Investigación Científica y de la Coordinación de Gestión para la Calidad de la Investigación, de la UNAM.



Laboratorio Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM con alto nivel de bioseguridad



Los dos laboratorios de la UNAM cumplen con las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL) internacionales para garantizar el desarrollo de vacunas de alta seguridad y eficacia

**El Laboratorio de Alta Seguridad del IIB ahora cumple con los requisitos de la alta contención biológica** para el cumplimiento de la ISO 9001:2015, que es el estándar internacional de carácter certificable, en asociación con la ISO 35001:2019 sobre la gestión de riesgos biológicos en laboratorios. **El laboratorio BSL3 de la FMVZ también cumple ahora con los requisitos de alta contención biológica y con las BPL.**

Se adquirió el equipo especializado y se implementó un Sistema de Gestión de la Calidad y las metodologías necesarias para la estandarización de cuatro ensayos de inmunidad en animales. Además, en el IBt y la Facultad de Química, se desarrollaron metodologías analíticas indispensables para el desarrollo de vacunas contra SARS-COV-2, cumpliendo con las BPL y la NMX-EC-17025, las que fueron utilizadas para evaluar diferentes candidatos vacunales desarrollados por la UNAM y por otras instituciones.

**La infraestructura humana y material desarrollada está operando y disponible para la generación y evaluación preclínica de vacunas en México.** La UNAM, a través del IBt, el IIB, la Facultad de Química y la FMVZ, agradece el apoyo de la Sectei para el desarrollo de este proyecto realizado en beneficio de la sociedad mexicana, que nos permitirá responder más rápidamente a pandemias futuras.

Laura A. Palomares

## Vigilancia epidemiológica basada en la secuenciación del genoma completo del virus SARS-CoV-2

### INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA GENÓMICA

Este estudio representa un avance significativo en el manejo de la salud pública en la Ciudad de México. El proyecto se enfocó en **secuenciar 200 muestras semanales de SARS-CoV-2 durante un periodo de once meses, con el objetivo de identificar la introducción y el origen de nuevas variantes.** La coordinación y colaboración con las autoridades sanitarias locales y federales fortaleció el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. La capacidad de reportar semanalmente la prevalencia de las variantes circulantes a la Dirección General de Epidemiología permitió una respuesta rápida y fundada a las amenazas emergentes.

La importancia de este proyecto radicó en **monitorear en tiempo real la evolución del virus y la aparición de nuevas variantes, facilitando la toma de decisiones informadas en salud pública.** La secuenciación de 8,165 muestras obtenidas de pacientes de todas las alcaldías de la Ciudad de México permitió detectar la introducción a la ciudad y al país de los primeros casos de subvariantes de Ómicron (BA.1, BA.2, BA.2.12.1, BA.4, BA.5, y BA.2.75), lo cual fue esencial para anticipar y responder a los cambios en la dinámica de transmisión del virus.



Equipo de trabajo del Instituto Nacional de Medicina Genómica



Laboratorio del Instituto Nacional de Medicina Genómica

A nivel metodológico, el proyecto implementó las plataformas de secuenciación Illumina y Oxford Nanopore para obtener una cobertura completa del genoma viral, permitiendo un análisis detallado de las variantes y mutaciones presentes.

La Ciudad de México se destacó como líder en Latinoamérica en secuenciación genómica de SARS-COV-2, siendo la segunda ciudad en el continente que más genomas secuenció, subrayando la capacidad técnica y científica alcanzada. El proyecto establece un precedente vital: **la Ciudad de México está ahora mejor preparada para enfrentar futuros patógenos emergentes**. Este proyecto demuestra la capacidad de la ciudad, y del país en su conjunto, para implementar una vigilancia genómica avanzada y eficaz, esencial para la preparación y respuesta ante pandemias futuras a nivel global.

Alberto Cedro Tanda

## Plataforma microfluídica para detección multiparamétrica del virus SARS CoV-2

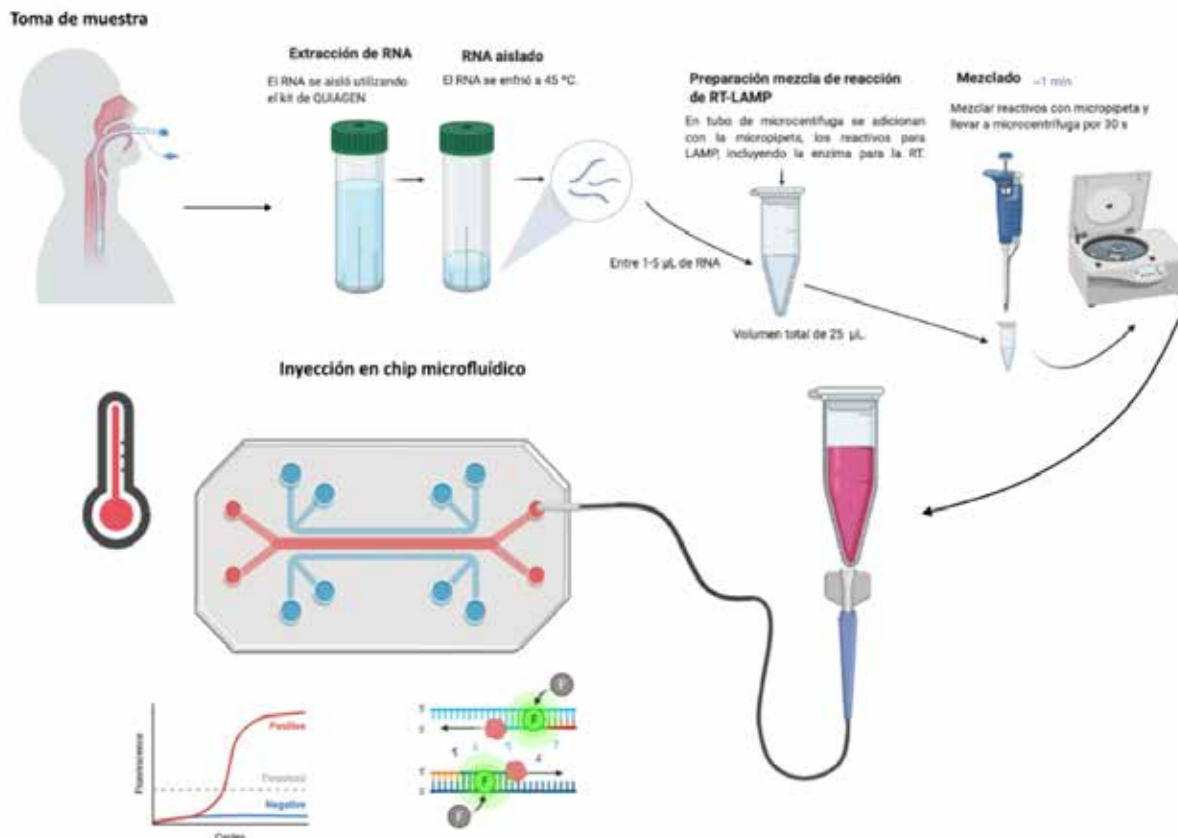
INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM

El objetivo principal de este proyecto se centró en el desarrollo de una plataforma moderna y portátil para detectar el virus SARS-CoV-2, responsable de la enfermedad Covid-19, de una manera rápida y precisa.

Para ello se empleó tecnología avanzada llamada microfluídica, la cual divide una muestra de saliva de un paciente en decenas de miles de microgotas, actuando así como un pequeño laboratorio donde se lleva a cabo una reacción química específica a través de la técnica llamada RT-LAMP, la cual permite amplificar el material genético del virus sin necesidad de equipos costosos. En otras palabras, esta técnica hace muchas copias del material genético del virus, si este, está presente en la muestra del paciente, para que sea más fácil de detectar.

Este proyecto se desarrolló en dos etapas. En la primera se definió el esquema de detección que involucra la combinación de técnicas de laboratorio divididas en los siguientes módulos:

### Plataforma microfluídica para detección multiparamétrica del virus SARS-CoV-2





Sistemas de bombeo para la introducción de reactivos a la plataforma microfluidica.

- Módulo de **Generación de Microgotas y Amplificación Genética**, y desarrollo de sus protocolos para fabricación e implementación.
- **Módulo de Detección Eléctrica-Electroquímica**, que consistió en el diseño experimental de una prueba concepto para evaluar la viabilidad de la detección del virus por este medio.
- **Módulo de Detección Óptica Portátil**, que incluye el desarrollo de un prototipo para la detección fluorescente del material genético amplificado y el desarrollo de un algoritmo para la adquisición y procesamiento de imágenes de microgotas fluorescentes.

En la segunda etapa se lograron avances significativos en diversos **aspectos técnicos y metodológicos** como:

- **Optimización de la técnica** de amplificación genética RT-LAPM, esencial para la detección del virus.
- **Mejora del sistema de visualización óptica**, que abordó y resolvió problemas de filtración lumínica, mejorando la sensibilidad del sistema.
- **Solicitud de propiedad intelectual** para proteger los diseños y métodos desarrollados.
- **Difusión científica**.

La plataforma desarrollada **busca reducir los costos de las pruebas de diagnóstico molecular, beneficiando a comunidades en México y más allá**. El proyecto generó una metodología alternativa para la detección de virus, la cual es incluso aplicable a otros patógenos. A largo plazo, tiene el potencial de influir en la detección de enfermedades infecciosas en todo el país, **garantizando beneficios sostenibles para la salud pública**.

Oscar Pilloni Choreño, Laura A. Oropeza Ramos y Luis A. Álvarez-Icaza Longoria



## Un método fácil, eficiente y económico para detectar Covid-19 en saliva por PCR

INSTITUTO DE FISIOLÓGÍA CELULAR DE LA UNAM

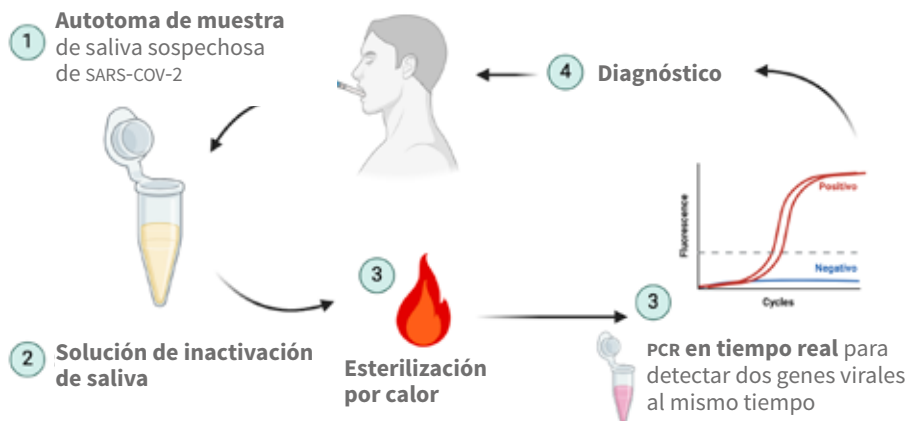
La pandemia de Covid-19 presentó desafíos significativos para la Ciudad de México, impulsando esfuerzos extraordinarios para contener la propagación del virus SARS-COV-2. La emergencia sanitaria obligó a nuestra ciudad a poner todo el esfuerzo e ingenio para **contener la epidemia y una de las maneras de hacerlo fue el testeo masivo en busca del virus**. A diferencia de ahora, en que las pruebas rápidas son accesibles, al inicio de la pandemia las pruebas de PCR en hisopados nasofaríngeos eran “el estándar de oro”. Sin embargo, esta prueba es costosa y requiere tiempo para el procesamiento de las muestras, así como personal especializado para la toma de hisopados. Adicionalmente, esta técnica genera una enorme cantidad de desechos plásticos biológico-infecciosos.

Para lograr resolver algunos de estos problemas, personas investigadoras del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM apoyados por la Sectei, **desarrollaron una solución líquida que permite, por un lado inactivar y esterilizar por calor muestras de saliva**, donde la concentración de virus de SARS-COV-2 es extremadamente alta, y por otro, realizar las pruebas de PCR directamente en la saliva inactivada, eliminando la necesidad de reactivos de extracción de ARN importados, reduciendo significativamente los costos y el tiempo del procesamiento, aunado a que cualquier persona puede tomar su propia muestra de saliva, eliminando la dependencia de personal especializado para la toma de muestra.

El protocolo desarrollado demostró que **es altamente eficiente y que incluso puede detectar en una misma reacción de PCR a dos genes virales y a un gen humano como control**. Este método fue validado con éxito en un gran número de muestras de saliva de pacientes previamente diagnosticados con Covid-19 en la Ciudad, con resultados publicados en la revista internacional *Vaccines* (2022), a la par de solicitar la patente del protocolo y de la solución inactivadora de saliva desarrollada por el grupo.

Si bien la emergencia sanitaria ha terminado, es esencial que nuestra ciudad **consolide sus capacidades tecnológicas, para contender con cualquier tipo de amenaza biológica**. Por otro lado, la tecnología desarrollada por las y los investigadores de la RED ECOS, **puede emplearse para detectar por PCR cualquier tipo de material genético (ADN o ARN) infeccioso o no, e incluso en el diagnóstico de otras enfermedades, como también en áreas biotecnológicas, agrícolas e industriales**.

Julián Valdés



## Sistema Integral para el Monitoreo Remoto del Estado General de Salud de Personas y Sanitizado desde su Hogar

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN COMPUTACIÓN  
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

El objetivo del proyecto consistió en diseñar, construir e implementar un sistema de monitoreo que permitiera al personal de salud de manera remota, fácil y óptima, poder dar seguimiento a los signos vitales de un paciente desde casa, a través de un dispositivo no invasivo apoyado sobre un sistema de comunicación remota (vía internet) para el diagnóstico del Covid-19. Para alcanzar este objetivo, se desarrolló un prototipo funcional de sistema de monitoreo para cuatro signos vitales: temperatura, saturación de oxígeno, frecuencia cardiaca y frecuencia respiratoria, el cual utiliza una careta y un dedal.

Como parte intrínseca al prototipo, se desarrolló el software asociado al Sistema de Monitoreo, el cual consta de la siguiente programación:

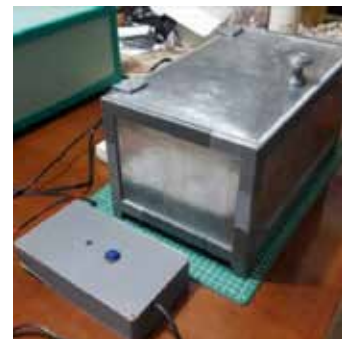
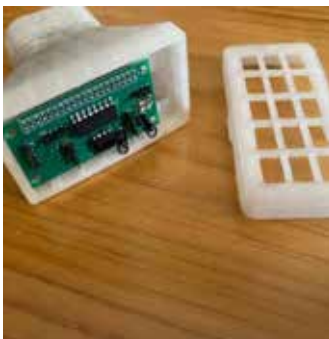
- 1 Procesamiento de señales para el monitoreo remoto de signos vitales.
- 2 Monitoreo remoto de signos vitales para el paciente.
- 3 Administración de los datos.
- 4 Sesión de visualización del administrador.
- 5 Software para la sesión de visualización del médico.

Adicional al desarrollo del prototipo, se construyó una caja de desinfección a partir de luz ultravioleta, para los dispositivos que conforman el sistema de monitoreo, después de ser utilizados por un paciente y evitar la propagación de contagios. El uso de esta caja puede extenderse para objetos personales de uso cotidiano como: celular, cartera, llaves, monedero, etc.

El Sistema de monitoreo desarrollado permite tener informado al personal tratante del estado de salud general de una persona con sospecha de contagio de Covid-19 sin exponerla a un contagio.

Juan Humberto Sossa Azuela

Partes de caja de desinfección a partir de luz ultravioleta



## Habitabilidad y salubridad en la Ciudad de México en tiempos de la pandemia Covid-19

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES DE LA UNAM

La investigación analizó el impacto de las condiciones de habitabilidad urbana en la salud de la población durante la pandemia. Este estudio se centró en la colonia Pedregal de Santo Domingo, en la Alcaldía Coyoacán, una zona con condiciones de vida precarias y un bajo desarrollo social. La relevancia de esta investigación radica en la crisis sanitaria provocada por el SARS-COV-2 o Covid-19, la cual ha tenido graves repercusiones económicas y sociales, transformando de manera significativa el estilo de vida urbano. Esta crisis, concentrada desde el inicio en las ciudades, ha afectado a todos sus habitantes, aunque con mayor intensidad a los sectores sociales que se encuentran en condiciones de mayor vulnerabilidad económica, social y urbana.

El estudio se llevó a cabo en el periodo entre el 2022 y el 2023, empleando una metodología interdisciplinaria que combinó técnicas cualitativas y cuantitativas. La colonia Pedregal de Santo Domingo, con una población estimada de 95 048 personas (Inegi, 2020) fue elegida por su proximidad a la UNAM y por ser un ejemplo representativo de los problemas de habitabilidad en zonas urbanas



Colonia Pedregal de Santo Domingo, Coyoacán

vulnerables. El Índice de Desarrollo Social de Evalúa CDMX indica que 194 de las 255 manzanas que conforman la colonia, presentan un bajo o muy bajo desarrollo social. Es decir, la mayoría de la población vive en condiciones de vida muy precarias, a pesar de que esta colonia está ubicada en una zona central y consolidada de la Ciudad. Este es un indicador de la necesidad de políticas urbanas que garanticen el acceso a bienes y servicios públicos básicos y mejoren la calidad de vida de la población.

Uno de los hallazgos más relevantes del proyecto fue **el alto grado de hacinamiento, con el 25.03% de las viviendas registrando** más de 2.5 ocupantes por dormitorio. Además, **el 37.3% de las viviendas consta de un solo cuarto o recámara**, lo que refleja una carencia de espacio adecuado para la convivencia. La investigación también reveló deficiencias en servicios básicos como la recolección de basura, la gestión del agua y el mantenimiento de espacios públicos.

Por otra parte, debe destacarse que del total de la población, 66,107 personas están afiliadas a servicios de salud, lo cual indica que son trabajadores formales que poseen seguridad social, decir **siete de cada 10 personas en esta colonia tienen acceso a servicios de salud**. Sin embargo, en el Pedregal de Santo Domingo, **el aislamiento fue difícil debido al pequeño tamaño de las viviendas** y muchas personas recurrieron a las farmacias y consultorios privados de la zona. Asimismo, **la pandemia también aquí visibilizó la feminización del trabajo de cuidados y el sobrecargo de trabajo para las mujeres**.

El estudio concluye con recomendaciones para **mejorar la habitabilidad y salubridad en la colonia**. Entre ellas, destaca la necesidad de proyectos de mejoramiento de viviendas, programas para reubicar a quienes viven en condiciones extremas, y mejoras en la gestión del espacio público. También **se proponen acciones específicas para la recolección de basura, la disponibilidad de agua y la seguridad en las calles**, incluyendo la implementación del Programa de Senderos Seguros y el **fortalecimiento de la atención psicológica para víctimas de violencia**.

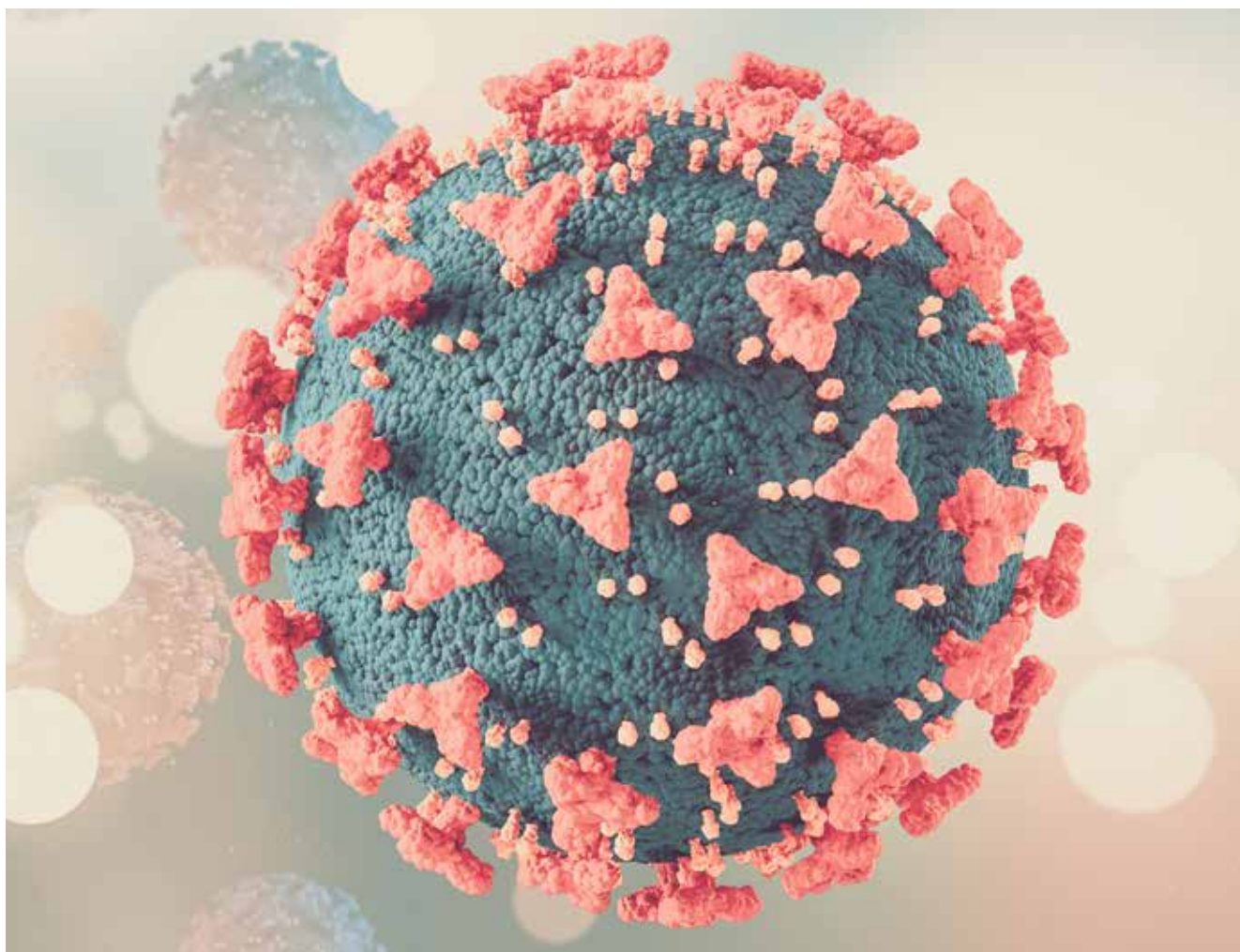
Finalmente, la investigación sugiere que esta metodología participativa podría replicarse en otras áreas de la Ciudad de México con problemas similares, contribuyendo a hacer efectivo el derecho a la ciudad y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Equipo de investigación del IISUNAM: Alicia Ziccardi (Coordinadora), Héctor Castillo Berthier, Marcela Meneses, Vicente Moctezuma y Ali Ruiz Coronel. Alumnas y alumnos de los posgrados CPYS y Urbanismo: Job Luna, Diana Figueroa, Elizabeth Carillo, Uriel Martínez, Andrea Paz, Stefanie Rubia y Mónica Segura

## **Epidemiología genómica del nuevo coronavirus SARS-CoV-2 en México y desarrollo y validación de un inmunoensayo para caracterizar la respuesta inmune de personas con Covid-19**

INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA GENÓMICA, INMEGEN

En diciembre de 2019 se presentaron en la ciudad de Wuhan, China casos de neumonía atípica que no parecían ser causados por alguno de los agentes patógenos conocidos. Pocos días después se identificó un nuevo coronavirus, llamado SARS-COV-2, como el responsable de estas neumonías y la enfermedad fue llamada Covid-19. El virus se dispersó rápidamente a un gran número de países hasta causar la crisis sanitaria más grave que ha tenido el mundo en los últimos 100 años.



Modelo del coronavirus SARS-COV-2

El coronavirus es un virus con genoma de RNA, y por lo tanto presenta una frecuencia de mutación mayor a la que presentan los virus con genoma de DNA. Por esta razón era de esperarse, como finalmente ocurrió, que se generan variantes virales con mutaciones que modifican su comportamiento biológico (nivel de contagio alto y virulencia, etc.), su resistencia a los antivirales disponibles o a la inmunidad inducida por las vacunas. En este proyecto se dio seguimiento a la dinámica de evolución y distribución del virus en el territorio nacional durante 2020-2022. A lo largo del estudio **se identificó el origen geográfico de los virus que se introdujeron inicialmente en el país**; se evaluaron las características genéticas del SARS-COV-2 que estaban relacionadas con la diferente severidad observada en los pacientes de Covid-19; y se caracterizó la evolución del genoma de SARS-COV-2 a lo largo de la pandemia. Durante esta caracterización, **se identificó la variante B.1.1.519 surgida en México**, que fue causante de la segunda ola de infecciones en el país, y responsable de la mayor mortalidad observada en las diferentes olas epidémicas que hemos tenido. También **se describieron las dinámicas de evolución y dispersión de las variantes del virus en el país**, incluyendo las variantes de preocupación Alfa, Gama y Delta. Este esfuerzo se llevó a cabo en el contexto de las actividades del Consorcio Mexicano de Vigilancia Genómica, **integrado por investigadores de diferentes instituciones nacionales, que determinó la secuenciación de más de 33,000 genomas completos de las variantes de SARS-COV-2** que han circulado en el país desde 2020 a la fecha. Los resultados obtenidos con el apoyo de la Sectei **se reportaron en siete artículos de investigación**. Adicionalmente, en este proyecto se desarrollaron ensayos diagnósticos basados en la detección de anticuerpos séricos totales y neutralizantes, como herramientas para **caracterizar el curso de la infección y el tipo y duración de la respuesta inmune**.

Carlos Federico Arias Ortiz y Christian Rodríguez Caro



ST REGIS

EV  
M OC  
2 RIO

# CIENCIA Y SOCIEDAD

Mtra. Nayeli del Milagro Hernández Barba  
COORDINADORA

Este eje está orientado a vincular el trabajo de investigación con las políticas públicas y acciones del Gobierno de la Ciudad de México para contribuir a la disminución de la brecha de género, al fortalecimiento de una cultura de paz y a la promoción de iniciativas encaminadas a una economía social y solidaria.

Las investigaciones del eje Ciencia y Sociedad se destacan por atender diversas problemáticas y necesidades sociales, como por ejemplo, se llevó a cabo una investigación sobre diversidades e igualdad sustantiva entre comunidades de bachillerato, con el fin de fomentar espacios escolares diversos, inclusivos y libres de violencia.

También se apoyaron estudios dirigidos a visibilizar la importancia de la diversidad sociocultural en nuestro país y los derechos culturales y humanos en agrupaciones indígenas urbanas, como es el caso de la comunidad otomí.

Además, se desarrollaron proyectos orientados a difundir los servicios ecosistémicos y bioindicadores que proporcionan las áreas naturales, así como a fortalecer espacios que permitan promover la educación ambiental y la sustentabilidad en nuestra capital.



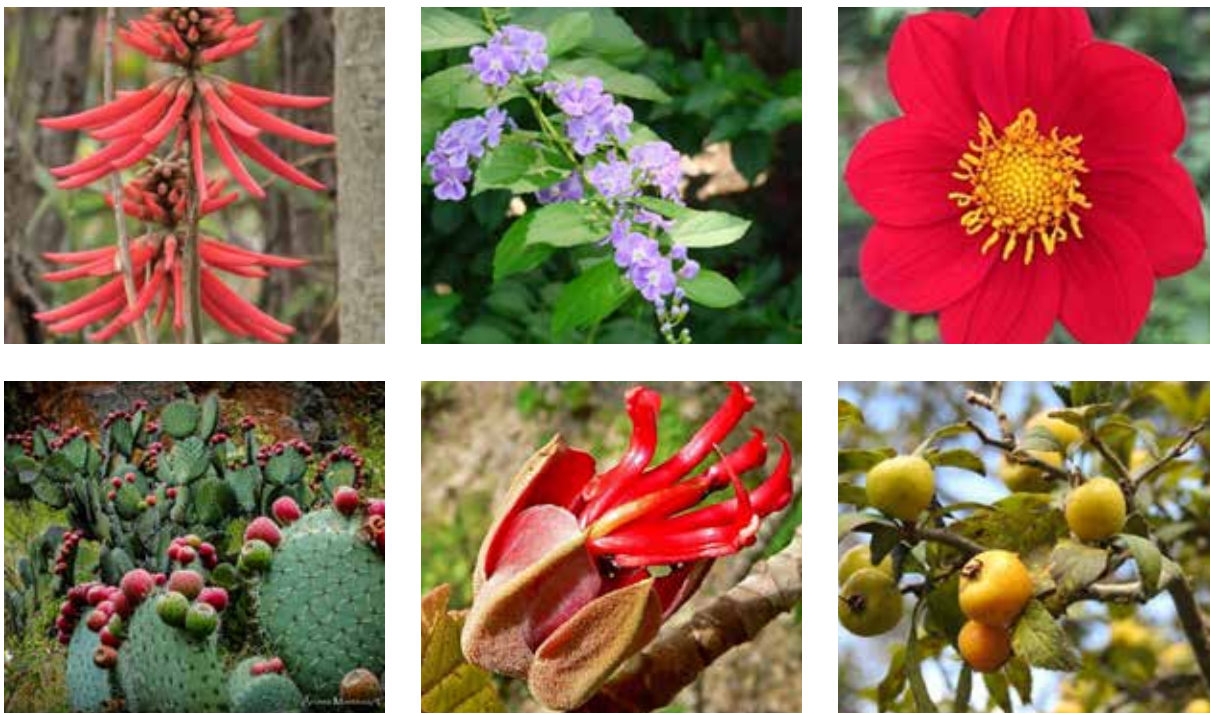


## Educación ambiental a través de jardines temáticos, observación de aves, grafitis y redes sociales digitales

DIRECCIÓN DE DIFUSIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL IPN

El Instituto Politécnico Nacional, dispone de dos espacios clave para la divulgación de la ciencia, la tecnología y la cultura: el Museo Tezozómoc y el Planetario "Luis Enrique Erro", ubicados en las alcaldías Azcapotzalco y Gustavo A. Madero. Estas áreas, situadas en zonas industrializadas y con poblaciones vulnerables, se han convertido en centros accesibles para toda la sociedad. En conjunto con la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación, se desarrolló un proyecto denominado "Educación ambiental a través de jardines temáticos, observación de aves, grafitis y redes sociales digitales".





Ejemplos de especies que crecen en los jardines temáticos del Museo Tezozómoc y del Planetario "Luis Enrique Erro"

Con este proyecto el IPN y Sectei han fortalecido y aprovechado estos espacios para **promover la educación ambiental y la sustentabilidad mediante talleres sobre arbolado, plantas y avifauna urbana**, así como la **creación de huertos urbanos y espacios verdes temáticos**. Además, se ha fomentado la creatividad artística a través de un mural sobre la fauna y flora en el Museo Tezozómoc. También, se desarrollaron materiales multimedia para la divulgación de la ciencia, la cultura y el arte.

Este proyecto ha fortalecido al IPN como **un ente divulgador de la ciencia, democratizando el conocimiento**. Para conocer más sobre el proyecto y sus productos, visita las redes sociales de la Dirección de Divulgación de la Ciencia y la Tecnología del IPN y los jardines temáticos del Planetario Luis Enrique Erro y del Museo Tezozómoc, así como el sitio [ipn.mx/ddicyt/educacion-ambiental/catalogo-plantas.html](http://ipn.mx/ddicyt/educacion-ambiental/catalogo-plantas.html)

Joaquín Trejo Barrón

## Yo también soy CDMX: rostros de una ciudadanía plural y activa

LABORATORIO AUDIOVISUAL DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SUPERIORES EN ANTROPOLOGÍA SOCIAL

El proyecto "Yo también soy CDMX: rostros de una ciudadanía plural y activa" **mostró la rica diversidad sociocultural de la Ciudad de México a través de la creación de cinco videos y cinco podcasts.** Cada una de estas producciones destaca a diferentes ciudadanas y ciudadanos, mostrando sus experiencias y luchas diarias. Este enfoque no solo pone de relieve la singularidad de estas personas, sino que también examina las problemáticas socioculturales que enfrentan, tales como la discriminación, la invisibilización, la emergencia sanitaria y la urbanización descontrolada. Al visibilizar estas historias, el proyecto aspira a sensibilizar y concienciar sobre la importancia de una ciudad más justa y equitativa. Las y los protagonistas de estos videos y podcasts son:



Estudiante universitaria afromexicana



Campesino chinampero



Personas trans



Un médico que trabajó en la campaña contra el Covid-19



Poetisa mixteca

- 1 **Campesinos chinamperos:** Custodios de una técnica agrícola milenaria que enfrentan desafíos ante la urbanización y el cambio climático
- 2 **Una poetisa mixteca:** Voz de una cultura indígena que lucha por ser escuchada y respetada en una ciudad cosmopolita
- 3 **Dos personas trans:** Individuos que navegan la vida diaria en busca de aceptación y derechos en una sociedad que a menudo los discrimina
- 4 **Un médico que trabajó en la campaña contra el Covid-19:** Héroe anónimo de la pandemia, enfrentando no solo el virus, sino también el estrés y las limitaciones del sistema de salud
- 5 **Una estudiante universitaria afromexicana:** Representante de una comunidad que combate la invisibilización y aboga por el reconocimiento de su identidad y contribuciones culturales

Además de estos productos audiovisuales, el proyecto ha fortalecido al Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) en el desarrollo de capacidades audiovisuales. **Se han impartido cursos de audio, edición de videos y realización de podcasts, y se han diseñado guías de catalogación para documentos audiovisuales.** Estas iniciativas son esenciales para la creación de un archivo institucional que preserve y difunda este valioso material. Asimismo, se ha apoyado el diseño y manejo de una página web para el Laboratorio Audiovisual y la Red de Investigaciones Audiovisuales del CIESAS, facilitando el acceso y la interacción con estos recursos.

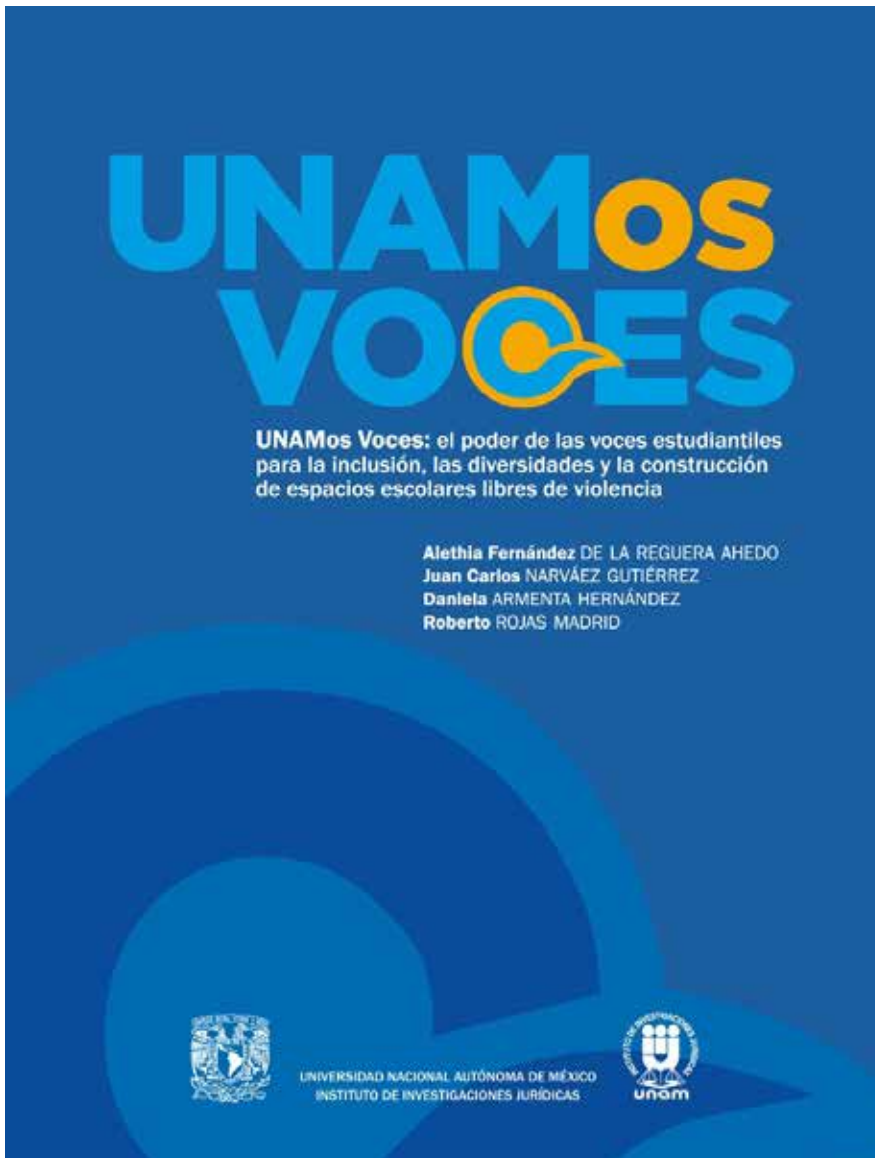
En resumen, "Yo también soy CDMX: rostros de una ciudadanía plural y activa" **no solo celebra la diversidad de la ciudad, sino que también promueve la reflexión sobre las injusticias y desafíos que enfrentan sus habitantes.** A través de estas historias, se busca inspirar a la ciudadanía a construir una metrópoli más inclusiva y equitativa para todas y todos.

Mauricio Sánchez Álvarez

## **Diversidades e igualdad sustantiva en el bachillerato UNAM: El poder de las voces estudiantiles**

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS, UNAM

El objetivo general del proyecto se centró en **generar y fortalecer mecanismos de acercamiento y diálogo con las y los estudiantes de Bachillerato de la UNAM**, con el fin de **conocer su sentir y su experiencia en temas como la inclusión en el entorno escolar, la diversidad y la igualdad sustantiva**, especialmente en el contexto de la pandemia, así como sus deseos y propuestas para **generar espacios diversos, inclusivos y libres de violencia**.





El proyecto está conformado por el desarrollo de un diagnóstico, el cual consiste en una investigación cualitativa y cuantitativa llevada a cabo entre abril y octubre de 2021, a través de la realización de 16 entrevistas, una encuesta aplicada a 264 estudiantes de siete planteles de la Escuela Nacional Preparatoria y el Colegio de Ciencias y Humanidades CCH, y el análisis sistematizado de 154 publicaciones mediante etnografía digital, en un grupo de Facebook creado y gestionado por estudiantes del plantel CCH Vallejo. **La investigación permite conocer los significados y opiniones que las y los jóvenes construyen en torno a distintas experiencias de exclusión y formas de violencia** (por razones de género, edad, clase social, apariencia física, religión, entre otras), así como las propuestas que permitan promover acciones de igualdad sustantiva y espacios libres de violencia en los entornos escolares. Por otro lado, **el diagnóstico permite explorar nuevas formas de contacto, comunicación y expresión creativa** a través de los medios digitales con la comunidad estudiantil.

Es importante destacar que **el proyecto contempló la creación del repositorio Unamos Voces**, el cual fue diseñado como un repositorio de textos, videos, imágenes y grabaciones elaboradas y compartidas por estudiantes de Bachillerato UNAM durante el desarrollo del diagnóstico.

Alethia Fernández de la Reguera Ahedo y Mariana Trujillo Sandoval

## Derechos Culturales y humanos en comunidades indígenas urbanas: los Otomíes de la Colonia Roma en la Ciudad de México

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS DE LA UNAM

Este proyecto fue apoyado a partir de la Convocatoria Sectei para "Proyectos científicos y tecnológicos en las áreas de ciencias sociales y humanidades que atiendan necesidades de la Ciudad de México", en agosto de 2019. Su objetivo central versó en la **promoción del trabajo colectivo de una comunidad de personas artistas y artesanas originarias de Santiago Mexquititlán (Querétaro)** de identidad Otomí, a través de la consolidación de un espacio de usos múltiples para el desarrollo de trabajos de instrucción, formación o difusión cultural y para el desarrollo de proyectos productivos. Lo anterior, en el marco de la contingencia sanitaria por el virus SARS-COV2, que afectó negativamente las posibilidades para comercializar sus productos.

Como actividades educativas, se realizaron talleres para fortalecer sus conocimientos en materia de derechos humanos, derechos culturales, equidad y denuncia de la violencia de género, así como para brindarles conocimientos en materia de protección de la propiedad intelectual y registro de patentes. Lo anterior, a partir de la edición y publicación de cuatro guías prácticas informativas.



Presentación editorial "Mapas de mi Barrio. Planeación participativa para el reconocimiento cultural"



El Salón Comunitario Jaime Rello alberga la Biblioteca de La Casona

Para fortalecer el espacio físico del colectivo, se realizaron adecuaciones al salón de usos múltiples. **Se adquirió el mobiliario y equipo administrativo necesario para el acervo donado a la Biblioteca “Profesor Enrique Guerrero Gómez”** y para establecer un centro de cómputo.

Además, se llevó a cabo la capacitación a la comunidad migrante y se realizaron cuatro talleres con énfasis en las temáticas de las guías, con la intención de hacer sensible a la comunidad en estos temas y reforzar su publicidad al seno de la comunidad.

Por último, para la promoción y fomento de las actividades culturales de la comunidad migrante, **se diseñó y se puso a disposición del público en general, la página web [orgullootomi.com.mx](http://orgullootomi.com.mx)**, plataforma donde se publicitan las actividades de la comunidad y se reflejan, al mismo tiempo, sus necesidades y alternativas de desarrollo, así como la posibilidad de crecimiento y permanencia dentro de la sociedad capitalina. Instrumento que servirá también como medio de información de la Biblioteca comunitaria “Enrique Guerrero Gómez” y la **difusión del material videográfico realizado** (documental y cápsulas), a partir de sensibilización de la comunidad acerca de ciertos temas de importancia y trascendencia, sin dejar de lado los **eventos culturales que muestren la producción intrínseca de la comunidad otomí**, tales como muestras de tipo artesanal, culinario, de arte, lengua y cultura otomí.

Luis René Guerrero Galván



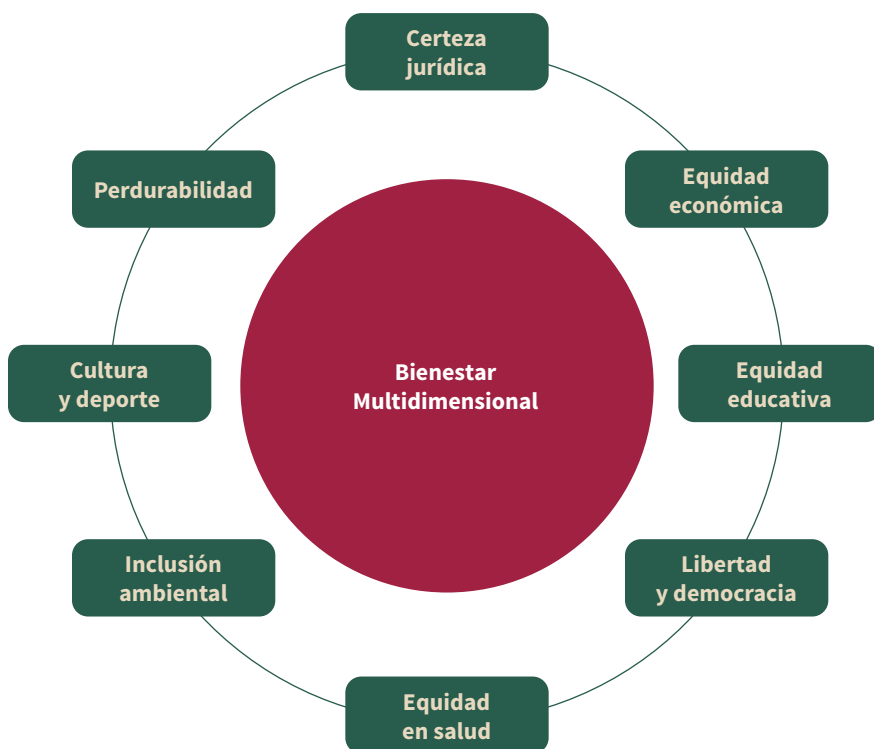
## Efectos compensatorios de los programas sociales en la desigualdad multidimensional de los hogares de la Ciudad de México analizados mediante minería de datos y redes neuronales artificiales

UNIVERSIDAD LA SALLE MÉXICO

México es uno de los países más desiguales de la región y del mundo, muy a pesar de los millonarios programas sociales del periodo neoliberal (1988-2018) en donde no se logró disminuir la desigualdad. El ¿por qué? Supone añadir a la ecuación los múltiples problemas de corrupción, el entramado y muy complejo panorama económico, social y cultural de la población con mayor índice de vulnerabilidad, el cual no fue reconocido en su momento y al que llamamos desigualdad multidimensional. En ese sentido, esta investigación tuvo por objetivo **desarrollar un modelo para medir la desigualdad multidimensional de los hogares de la Ciudad de México**, con la finalidad de evaluar los efectos compensatorios de los programas sociales.

El Modelo de Bienestar Multidimensional propuesto, consta de ocho dimensiones y 160 indicadores, de los cuales 92 se obtuvieron a través de fuentes secundarias y 68 mediante un instrumento que se aplicó a usuarios de Pilares. Los resultados permitieron construir un Índice de Bienestar Multidimensional por dimensión y por alcaldía. De forma posterior, **a través de un análisis de Redes Neuronal Artificiales se obtuvieron las variables con mayor incidencia por cada grupo de hogar**, es decir, aquellas variables cuya atención tendría mayores efectos compensatorios, lo que permite aplicar políticas públicas diferenciadas que, al mismo tiempo que optimizan el gasto, impactan de forma más eficiente en el bienestar de las familias. Esta investigación atendió al Objetivo de Desarrollo Sostenible 10 “Reducción de las desigualdades” y al Pronaces “Seguridad humana”.

Carlos Alberto Jiménez Bandala  
y Alejandro Torres González



## Proyecto audiovisual de difusión de los servicios ecosistémicos y bioindicadores que proporcionan las áreas naturales al bienestar de los habitantes de la Ciudad de México

FESTIVAL INTERNACIONAL DE CINE FANTÁSTICO, A.C.

**Guardianes de la Ciudad** es un proyecto audiovisual con duración de 35 minutos, el cual narra de forma entretenida, las historias sobre la naturaleza y sus curiosos habitantes, entrelazando estas historias con información importante, sobre cómo estas áreas naturales brindan bienestar a los ciudadanos que habitan esta mega urbe.

El proyecto se realizó con la participación de un **equipo multidisciplinario conformado por personas expertas en producción de documentales de naturaleza, fotografías, ambientalistas, divulgadoras de la ciencia, asesoras e instituciones** interesadas en el bienestar de los ciudadanos de la Ciudad de México y las áreas naturales.

Durante la producción del documental **se realizaron entrevistas a diferentes personas expertas** que contribuyeron a la realización del proyecto: Lic. Pamela Valencia Axolotitlán del Refugio y Museo Nacional del Ajolote, Mtra. Erica Valencia de Ectagono, Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca, Dr. Rodrigo A. Medellín del Instituto de Ecología de la UNAM, Chinamperos de Xochimilco, Lic. Enrique Lomitz de Isla Urbana y María del Coro Arizmendi de la Facultad de estudios Superiores Iztacala.

Dichas entrevistas permitieron **establecer vínculos con centros de investigación, organizaciones no gubernamentales, científicos y activistas** en la ciudad a quienes se les dio voz a través del documental.

La idea principal del documental fue **hacer un llamado a la acción para la preservación de las áreas verdes en la ciudad** mediante la difusión en diferentes festivales ambientales, televisión abierta (Canal 22 y SPR) y plataformas digitales; lo que permitió llegar a un mayor número de personas.





# DESARROLLO SUSTENTABLE Y CAMBIO CLIMÁTICO

Mtra. Alba Ines Sánchez Vázquez  
COORDINADORA

El eje de Desarrollo Sustentable y Cambio Climático de la RED ECOS sitúa el mensaje de la ciencia, la investigación colaborativa y la experimentación con la participación ciudadana en el centro del modelo del desarrollo de la Ciudad de México.

Este Eje agrupa a especialistas que trabajan en diversos proyectos enfocados en Seguridad Alimentaria, Eficiencia Energética, Seguridad Hídrica, Calidad del Aire, Economía Circular y el Distrito de Innovación Tlalpan.

El trabajo de los expertos ha influido en la construcción de la Ley de Economía Circular de la Ciudad de México, publicada el 28 de febrero de 2023, y en las prácticas que sustentan este modelo de desarrollo, profundizando en la comprensión e intervención en las formas de producción, uso y consumo de los productos, bienes y servicios de los habitantes de la Ciudad de México.

Los expertos de las instituciones de RED ECOS en el grupo de Seguridad Alimentaria han abordado aspectos que impactan de manera sistémica en la protección del suelo de conservación disponible en la Ciudad de México, mediante soluciones vinculadas a la reducción de la huella hídrica de los alimentos desde su producción hasta su comercialización y la integración de oportunidades de agregar valor a los bienes de los productores de la Ciudad.

En Eficiencia Energética, destaca el fortalecimiento de las capacidades tanto en infraestructura como en la formación de talento humano, especialmente en torno de la movilidad eléctrica y la producción de combustibles más limpios.

Las personas investigadoras y estudiantes que hoy se vinculan y colaboran dentro de la RED ECOS se encuentran desarrollando investigación de frontera y aplicando esquemas de intervención urbana participativa, donde la innovación se detona en un entorno donde Academia Ciudadanía y Gobierno van de la mano como en el Distrito de Innovación Tlalpan.



CONAHCYT  
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



SECRETARÍA DEL  
MEDIO AMBIENTE

## Atlas del Agua Subterránea del Acuífero de la Ciudad de México

INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM, SECTEI, SACMEX

El objetivo principal del proyecto fue generar una base homologada y elemento de contribución para el entendimiento de este recurso invaluable y críticamente importante, que es el agua subterránea elemento fundamental para la seguridad hídrica de la Ciudad de México.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM, en colaboración con la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, y el Sistema de aguas de la Ciudad de México (Sacmex), elaboró el primer *Atlas del agua subterránea del acuífero de la Ciudad de México*, obra de referencia fundamental para la estructuración de políticas públicas y la toma de decisiones a mediano y largo plazo en esta materia. **Recopila y organiza información completa y estandarizada sobre el agua subterránea de la Ciudad y de la región** que alimenta. Este trabajo representa el primer Atlas de este tipo para la Ciudad y para el país, es por ello una herramienta de primer orden que presenta un resumen completo de este recurso.



La estructura del Atlas del agua subterránea de la Ciudad de México cuenta con distintos apartados que presentan un resumen completo del recurso agua subterránea de la Ciudad. Es una referencia básica para la ubicación, geografía, geología y características hidrogeológicas del acuífero.

El impacto del proyecto del *Atlas del agua subterránea del acuífero de la Ciudad de México* pretende consolidarse como un referente base de consulta, además para la enseñanza a diferentes niveles del agua subterránea.

Este Atlas es un elemento gráfico que se compone de mapas descriptivos que representan los componentes esenciales para la caracterización del agua subterránea y el acuífero, así mismo es una herramienta de gestión para dependencias, universidades, personas consultoras y usuarias.

Para la integración del Sistema de Información Geográfica de estudio se apoyó con fuentes de información y productos extraídos de: el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), Atlas de Riesgos de la Ciudad de México, Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial (PAOT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Áreas Naturales Protegidas (ANP), Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex), Comisión Nacional del Agua (Conagua) y del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Adriana Palma Nava

## Mototaxi CDMX diseño y prototipo de un vehículo eléctrico ligero para ser utilizado como mototaxi en la Ciudad de México

RZVA SOCIEDAD CIVIL

El proyecto culminó con un prototipo funcional que abordó las preocupaciones ciudadanas sobre seguridad y contaminación. El diseño atendió a la necesidad de inclusión de personas con discapacidad, un segmento históricamente excluido de los medios de transporte de baja escala.

El vehículo, equipado con un chasis estructural, cinturones de seguridad de tres puntos y cristales de homologación anti astillable, ofrece seguridad a sus pasajeros. Su diseño permite el acceso a sillas de ruedas, ofreciendo también oportunidades de empleo para personas con discapacidades. Además, incluye un Sistema Acústico de Alerta de Peatones para advertir a usuarias y usuarios vulnerables de la vía pública.

El diseño ultra ligero de este prototipo permite una reducción del 60% a las emisiones de un vehículo de gasolina tradicional y una reducción del 38% en consumo eléctrico, en comparación a un automóvil eléctrico estándar. Por otra parte, la modularidad en sus componentes propone un incremento del 35% a la actual tasa de utilización de un vehículo eléctrico operando en la movilidad bajo demanda.

Este cambio a la eficiencia económica del sistema permitirá, por un lado, incrementar las ganancias netas por viaje para las y los conductores, fortaleciendo así la resiliencia del gremio e incrementando la calidad laboral dentro del sector movilidad en la economía de los servicios. Dicha eficiencia permite reducir las tarifas de viaje, ofreciendo inclusión económica a las personas de medio y bajo ingreso. Por otro lado, dentro de las estrategias para mitigar la crisis climática, representa, un acto de igualdad y justicia medioambiental.

Al demostrar nuevas alternativas para la movilidad eléctrica de último tramo en la Ciudad de México, nuestro proyecto incentiva el uso de los sistemas de transporte público para viajes de larga distancia, detonando efectos profundos para el futuro de nuestra Ciudad.

Fernando Ocaña Espinosa

Prototipo de un vehículo eléctrico ligero para ser utilizado como mototaxi



## Ciclotaxi de la Ciudad de México

### CRECER EN COLECTIVO ASOCIACIÓN CIVIL

El desarrollo del **prototipo de mototaxi eléctrico** que Crecer en Colectivo creó de 2019 a 2021 con apoyo de Sectei tiene una importancia mayúscula debido a las particularidades del proyecto. Para crear este vehículo se diseñó un estudio vinculante con la asesoría técnica de la empresa encuestadora IN SYNC MOVE, personal de Semovi, personal de Sectei y Crecer en Colectivo determinado una muestra significativa que constó de **659 encuestas a las y los pasajeros de mototaxi, y 325 encuestas a personas operadoras de mototaxis**, ambas muestras de las alcaldías de Iztapalapa y Tláhuac, debido a que son las que más mototaxis tienen en la Ciudad de México.

Las necesidades derivadas de dichas encuestas fueron resueltas con el prototipo; en lo relativo a la comodidad, **se le colocaron amortiguadores dobles a cada una de las llantas**, su diseño permite la visibilidad desde cualquier ángulo, cuenta con luces interiores y puertas para protegerse de la lluvia. En cuanto a seguridad, **cuenta con cinturones de seguridad para las y los pasajeros y para el operador**, es un mono-vehículo que está hecho con materiales que superan con creces las cualidades mecánicas de los actuales mototaxis, se cuenta con evaluaciones de resistencia en software Ansys; por otro lado, se desarrolló una plataforma digital que permite la validación de las personas operadoras autorizados para el manejo del vehículo y la posibilidad del apagado remoto. La velocidad está gobernada para no superar los 25 km/h, **reduciendo de manera sustancial los riesgos asociados al mototaxi**.





Prototipo de mototaxi eléctrico para la Ciudad de México



La innovación se encuentra ligada a **potenciar la naciente industria de los vehículos eléctricos hechos en México**, pero también propone procurar y formalizar un oficio que lleva más de una década sin ser regulado; para dar una idea de la importancia del sector, en la Ciudad de México el número de viajes en mototaxi al día es mayor a los viajes realizados en “Plataformas de transporte privado” y **representan el sustento de al menos 12 mil familias** que no tienen seguridad social y que día a día buscan ingresos contaminando el medio ambiente y poniendo en riesgo a sus usuarias y usuarios.

José Eduardo González Mireles, Iván Andrés Pérez Torres y Diana Morales Lule



## Conversión de bus de transporte de pasajeros de RTP

RELIANCE DE MEXICO SA DE CV (REMSA)

El proyecto de conversión de un autobús de diésel a 100% eléctrico fue la continuación de un proyecto del 2019 que consideraba el desarrollo de un sistema de propulsión eléctrico adaptable a autobuses de transporte público. El presente proyecto consistió en diseñar un **sistema de propulsión eléctrico** y los componentes necesarios para integrarlos en un autobús de la Red de Transporte de Pasajeros (RTP) de la Ciudad de México.

El autobús seleccionado es un DINA LINNER 12, modelo 2017. El equipo de REMSA diseñó un **paquete de baterías de litio con capacidad y voltaje suficiente para reintegrar el autobús a una ruta** definida en la Ciudad de México. Con el apoyo del fabricante DINA, el equipo de ingeniería realizó análisis detallados para colocar los packs de baterías en diferentes lugares del autobús, contemplando el centro de gravedad original y el nuevo. Esto aseguró que el peso del autobús se distribuyera correctamente y que el autobús se comportara de la misma manera que antes. Finalmente se integraron **sistemas auxiliares neumáticos e hidráulicos, sistemas de conversión de voltaje y carga rápida**, todo esto en un periodo de siete meses aproximadamente.

Una vez convertido el autobús a eléctrico, se llevaron a cabo **pruebas de funcionamiento y eficiencia en distintas condiciones de ruta**, buscando entender más detalles del desempeño del vehículo, su capacidad de aceleración y frenado, su autonomía en distintos tipos de ruta y pendientes, la interacción de los diversos sistemas, simulando rutas diversas de RTP en la Ciudad de México. **El vehículo demostró funcionar de manera correcta, con un desempeño mejor al esperado** en todos los escenarios.



Conversión de motor de combustión interna en bus de transporte de pasajeros de RTP



Paquete de baterías de litio con capacidad y voltaje suficiente para reintegrar al autobús a una ruta

Este proyecto se hizo con un objetivo claro, demostrar la viabilidad de convertir buses de transporte público de Diésel a 100% eléctrico. Esto es importante porque **abre las puertas a una electrificación del transporte en un periodo más corto**, impulsando desde otra estrategia la electromovilidad, debido a que la conversión de vehículos a eléctricos se puede hacer a un costo significativamente menor comparado con la compra de un autobús nuevo y participando en acciones que promuevan la economía circular. Adicionalmente **promueve el desarrollo tecnológico nacional de componentes claves para la electrificación del transporte del futuro** y permite que México pueda suplir sus necesidades de transporte público de manera local. Estamos seguros que este proyecto será reconocido por su impacto social, económico y tecnológico, una vez que se incorpore a una ruta de transporte público.

Felipe Gallego Llano

## Diseño de tren motriz eléctrico para microbús de la Ciudad de México

RELIANCE DE MEXICO SA DE CV (REMSA)

El proyecto de diseño de un tren motriz eléctrico para microbús de la Ciudad de México se generó con el propósito de acelerar el proceso de introducción de la tecnología en desarrollo por REMSA para uso en buses de transporte público.

Se busca realizar un análisis de los requerimientos técnicos que debe tener un tren motriz para convertir un microbús, adaptando tecnología en motores eléctricos, diseñando uno cuya potencia y torque sean suficientes para cumplir los requerimientos del vehículo y de los sistemas de bajo voltaje, con accesorios





Diseño de tren motriz eléctrico para microbús

para determinar qué tamaño de batería de litio se requiere para cumplir distintas autonomías diarias en kilómetros rodados.

El proyecto y la simulación realizada le dio a la empresa una idea clara de cómo se debía solucionar el problema. **El equipo de ingeniería desarrolló un motor de tracción de imanes permanentes que cumplía con los requerimientos mínimos del proyecto en potencia, torque y eficiencia.** Se desarrolló un sistema de tracción completo incluyendo electrónica de potencia y sistema de distribución de potencia apto para la operación del motor y componentes del tren motriz en general. **Se desarrolló de manera adicional un paquete de baterías de litio al voltaje requerido para la aplicación,** con el propósito de probar el funcionamiento de sistemas de almacenamiento a voltajes altos, entender el comportamiento de estos y tener en cuenta aspectos de diseños para próximos proyectos de conversión.

Este proyecto se hizo con un objetivo claro, **demostrar la capacidad de desarrollo tecnológico de las empresas mexicanas y viabilidad de conversión de buses a eléctricos.** Esto es importante porque abre las puertas a una electrificación del transporte en un periodo más corto, debido a que la conversión de vehículos a eléctricos se puede hacer a un costo significativamente menor comparado con la compra de un microbús nuevo. Adicionalmente promueve el desarrollo tecnológico nacional de componentes claves para la electrificación del transporte del futuro. Permite que México pueda suplir sus necesidades de transporte público de manera local.

Estamos seguros de que este proyecto será reconocido por su impacto social, económico y tecnológico, una vez que se implemente la tecnología en un autobús del transporte público.

Felipe Gallego Llano

## Sistemas para hibridar vehículos de combustión interna

INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM

En la vasta red de calles de la Ciudad de México, los motores de combustión interna de los vehículos a menudo operan en condiciones de arranque y paro (frenado) continuos, esto hace que gasten gasolina en exceso y contaminen más de lo esperado. Conscientes de este desafío, se ha llevado a cabo un proyecto innovador con el objetivo de **mejorar el rendimiento de los vehículos que operan con motores de combustión interna** y reducir así las emisiones perjudiciales para el medio ambiente.

El primer objetivo del proyecto fue desarrollar un **Sistema de Hibridación para Automóviles de 5 pasajeros**, utilizando dos motores eléctricos instalados en las ruedas traseras junto a un banco de baterías de litio en la cajuela. Este sistema ha demostrado mejorar significativamente el rendimiento del vehículo al reducir el consumo de combustible y, en consecuencia, las emisiones contaminantes.



El segundo objetivo del proyecto fue **desarrollar e implementar un sistema de propulsión híbrido para sustituir el motor diésel original de un autobús para 30 pasajeros**. Este sistema incorpora un motor eléctrico de 60 kW acoplado a la transmisión del vehículo, junto con un motor diésel de 30 caballos de fuerza conectado al motor eléctrico mediante un embrague electromagnético. Esta configuración permite reducir las emisiones a un costo menor que una conversión completa a tracción eléctrica, ya que el motor diésel, además de que puede proporcionar potencia mecánica directamente al motor eléctrico también mueve a un generador eléctrico para recargar las baterías de litio del vehículo.

En el tercer y último objetivo del proyecto **se ha desarrollado un sistema de tracción eléctrica para camiones de 2.5 toneladas**, específicamente para la plataforma vehicular X200 similar a las utilizadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex) en sus labores diarias. Este sistema, implementado,

utiliza motores de imán permanente y baterías de litio para mejorar el rendimiento de la plataforma y reducir las emisiones.



Caja seca de vehículo      Ventilación      Tren motriz eléctrico      Sistema de gestión de carga eléctrica



Sistema de tracción eléctrica para camiones de 2.5 toneladas

Estos avances tecnológicos en sistemas de tracción ofrecen alternativas viables para mejorar el rendimiento de los vehículos y reducir sus emisiones en la Ciudad de México. **La clave del éxito radica en la selección cuidadosa del sistema de tracción más adecuado para las necesidades específicas de cada vehículo**, ya sea de transporte privado, transporte público o de carga, lo que contribuirá a **un ambiente más limpio y saludable para todos los habitantes de la Ciudad.**

Este proyecto no solo representa un paso importante hacia la reducción de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México, sino que también **demuestra el potencial de la innovación tecnológica nacional para abordar los desafíos ambientales** en las grandes urbes del mundo.

Germán Jorge Carmona Paredes, Ariel Mizraim Santoyo García, Vanesa Barrera Ruiz, Alejandro Rosas Ortiz, Rubén Silva Dávila

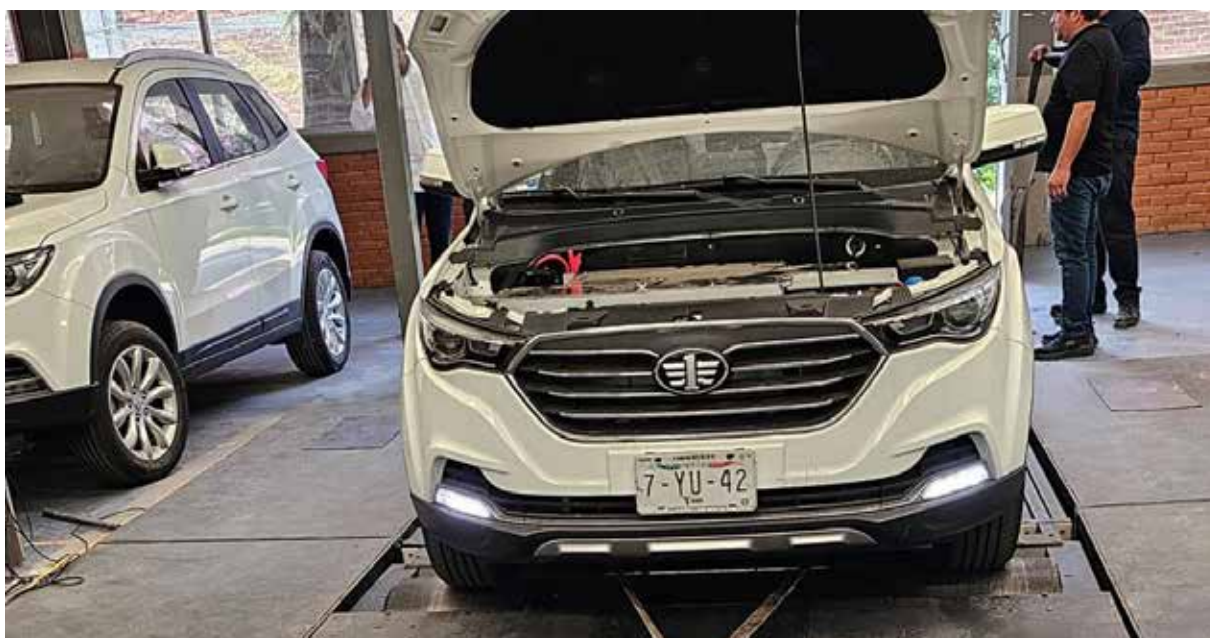
## Laboratorio de evaluación de tecnologías vehiculares

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

La finalidad del proyecto fue poder establecer un espacio innovador que permitiera llevar a cabo mediciones sistemáticas de eficiencia energética sobre las distintas tecnologías vehiculares, considerando ciclos de manejo, condiciones del mercado automotriz, estado de mantenimiento, la altura de la Ciudad, estudios sobre el ciclo de vida y el consumo energético de las mismas. Para ello, fue necesario comparar, desde el punto de vista de la eficiencia energética, las distintas tecnologías vehiculares en electromovilidad (vehículos eléctricos e híbridos) con respecto a las de combustión interna, mediante el uso de sensores, un sistema de adquisición de datos y un sistema de simulación. Tomando en consideración que la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (Sedema) tiene bajo su responsabilidad la vigilancia ambiental en materia vehicular, y que para observar el cumplimiento de las normas de niveles de emisión contaminantes emplea patrullas ambientales desarrolladas bajo plataformas vehiculares con motores de combustión interna sumamente grandes y potentes, se identificó la necesidad y oportunidad de impulsar la electromovilidad en la Ciudad de México mediante el desarrollo de patrullas ambientales eléctricas, para lo cual se trabajó en la conversión a vehículo eléctrico como prototipo de una unidad nueva de la plataforma X40 de la marca FAW.

La infraestructura del Laboratorio de Evaluación de Tecnologías Vehiculares (LETEV) fue complementada con la puesta en marcha de un dinamómetro de rodillos comerciales totalmente instrumentado. Se generó una base de datos que permitirá comparar distintas tecnologías vehiculares bajo condiciones reales de





Laboratorio de evaluación de tecnologías vehiculares

manejo en la Ciudad de México. Esto coadyuva en determinar las condiciones para el adecuado funcionamiento de tecnologías vehiculares en la Ciudad de México e incidirá directamente en el desarrollo de política pública en materias ambiental y de movilidad. Tanto los tomadores de decisiones como los fabricantes podrán contar con evidencia objetiva, para comprobar el desempeño de vehículos eléctricos en las condiciones geográficas y de manejo de la Ciudad. También **permitirá el diseño óptimo de rutas de manejo de transporte público y privado**, así como la determinación de adecuaciones y modificaciones técnicas necesarias para alcanzar metas de emisión y uso energético. Muestra de lo anterior son las **pruebas realizadas para el sistema de transporte “METROBÚS” y para el proyecto de la conversión de una unidad de la RTP de biodiésel a 100% eléctrico**. Para futuras fases de funcionamiento en el LETEV, se llevará a cabo un análisis de los potenciales efectos adversos que la carga de vehículos eléctricos puede tener en los sistemas eléctricos. Este análisis se centrará principalmente en las consecuencias de la carga no regulada. Además, se explorará cómo los impactos pueden ser mitigados a través de procesos de carga y descarga supervisados. El laboratorio podrá dar servicio a las empresas que cuenten con vehículos híbridos o eléctricos, así como el apoyo para poder determinar los requerimientos apropiados bajo recomendación técnica para adquirir vehículos eléctricos, lo anterior en el marco de un convenio de colaboración para la operación del LETEV en la Ciudad de México.

Arturo Palacio Pérez, onathan Hernández García, Enrique Gabriel Munive Roldán, Enrique Carrera Gómez, Diana Perez Novales, Carlos David Morales Martínez, Roberto Vanegas Martinez y Joaquín Olivera Gloria



## Desarrollo de materiales avanzados para la construcción y evaluación de dispositivos de almacenamiento electroquímico de energía y sistemas híbridos con aplicaciones en tecnologías de electromovilidad

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA  
AVANZADA UNIDAD LEGARIA Y LABORATORIO NACIONAL DE CONVERSIÓN  
Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA DEL IPN

El proyecto propició el **desarrollo de materiales avanzados y sistemas de almacenamiento electroquímico** que permite tener aplicaciones en la electromovilidad, así como el soporte tecnológico y de innovación al servicio de la sociedad, el sector público y privado de Ciudad de México. Con la ejecución del proyecto se dio pie a la implementación del **Laboratorio de Nuevos Materiales y Prototipos (LNMYP)** al interior del Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica CDIT Vallejo-I, espacio especializado en áreas de conversión y almacenamiento de energía, soporte tecnológico y de innovación en materiales avanzados y prototipos para la zona industrial de Vallejo, operado por investigadores del CICATA LEGARIA IPN a través de infraestructura de alta especialidad para la **síntesis y caracterización de nuevos materiales y nanomateriales**, así como, el diseño y evaluación de prototipos a nivel laboratorio de baterías ion Litio-Sodio, supercapacitores y sistemas híbridos aplicados a la electromovilidad entre otros.

En esta primera etapa del LNMYP se da continuidad al propósito del CDIT Vallejo-i que es **desarrollar infraestructura para la innovación, producir prototipos para el sector industrial y de servicios**, para los sectores académico, científico, industrial y social; así como ser una entidad de asesoría y consulta en la toma



Laboratorio de Nuevos Materiales y Prototipos al interior del Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CDIT Vallejo-i)



El laboratorio será un espacio especializado en áreas de conversión y almacenamiento de energía, soporte tecnológico y de innovación en materiales avanzados y prototipos

de decisiones para la solución de problemas en beneficio de la Ciudad de México. Mediante el desarrollo del proyecto y la operación del Laboratorio de Nuevos Materiales y Prototipos se llevan a cabo las siguientes acciones:

- Actividades de **innovación y desarrollo tecnológico** de manera continua, con el apoyo de profesores e investigadores del SNIH y de estudiantes del CICATA LEGARIA IPN
- Participación en **foros de divulgación científica y tecnológica en temas de energía**. Se llevaron a cabo eventos especializados, el primero, un taller Internacional sobre Conversión y Almacenamiento de energía
- **Vinculación y atención a la industria**. El plan de vinculación se encuentra en apego a colaboraciones como la participación del Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía (LNCAE) del CICATA LEGARIA IPN. Es así, como se dan las actividades relacionadas con el procedimiento de difusión, promoción y oferta de los servicios del laboratorio mediante servicios analíticos y de consultoría, estudio de productos y proyectos vinculados

Edilso Francisco Reguera Ruiz, Próspero Acevedo Peña  
y Juvencio Vazquez Samperio

## Equipamiento total de laboratorios para la certificación de biocombustible en México

### CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DEL IPN

El objetivo general del proyecto es “Implementar los cuatro métodos faltantes dentro de las capacidades analíticas del **Laboratorio Nacional de Biocombustibles del IPN** para poder evaluar la calidad del biodiésel producido en la Ciudad de México en cumplimiento de la normatividad vigente”. Además, **se buscó mejorar la infraestructura para investigación y desarrollo de biocombustibles**, con enfoque especial en reutilizar el aceite vegetal usado en la Ciudad de México.

Como resultado de este proyecto, **se compraron cuatro equipos de laboratorio especializados para verificar la calidad del biodiésel**, lo que permitió implementar cuatro métodos de ensayo según los requisitos de la norma iso 17025:2017 (norma internacional desarrollada para que los laboratorios de ensayo y calibración puedan garantizar la fiabilidad de sus resultados analíticos y su competencia técnica a la hora de realizar los análisis).

Los cuatro equipos adquiridos fueron los siguientes: un analizador de corrosión, para medir cómo el biodiésel afecta al cobre; una centrífuga, para medir el contenido de sedimento y agua en el biodiésel; un analizador para detectar metales como sodio, potasio, magnesio y calcio en el biodiésel y un analizador elemental para medir el contenido de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno en el biodiésel.



Los cuatro métodos a implementar se suman a los 16 previamente implementados en el **Laboratorio de Desarrollo y Aseguramiento de la Calidad de Biocombustibles** (LaNDACBio), para un total de 20 pruebas, que son las requeridas por la normatividad nacional e internacional. Con lo que se asegura que el biodiésel producido y consumido en la Ciudad de México cumple los más altos estándares de calidad.

Particularmente en esta etapa **se cuenta con un analizador para determinar azufre en combustible así como otros elementos** como aluminio, potasio, fósforo, zinc etc.; también se suman un analizador de residuos de carbón tipo Conradson y uno para cetano. Se incluye un equipo para determinar las curvas de destilación de combustible.

Finalmente, con el proyecto se amplía la acreditación del LaNDACBio ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) **como laboratorio de ensayo** en la rama química con un alcance de cinco métodos en total, convirtiéndolo en el primer laboratorio en México que contará con el 100% de los ensayos de calidad requeridos por la Sener para biodiésel puro o B100 con capacidad de analizar también la calidad de mezclas diésel, biodiésel y diésel de petróleo.

Cabe destacar que en el marco del convenio **se analizan muestras de lotes producidos en la Planta productora de la Central de Abasto a lo largo del 2023 y 2024**, contribuyendo así a que el biocombustible de las unidades de transporte público de la Ciudad que lo usan, sigan cumpliendo los más altos estándares de calidad.

Violeta Yasmín Mena Cervantes, Elisa Arreola Valerio  
y Raúl Hernández Altamirano

## Implementación del Laboratorio de Innovación en Bioenergía en la Central de Abasto de la Ciudad de México. Fase 1: Implementación de una planta productora de biodiésel con tecnología 1PN-GBD-1000®

FIDEICOMISO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA CENTRAL DE ABASTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO (FICEDA) Y CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DEL IPN

Con la participación de sectores de gobierno, academia, empresariales y la sociedad, se impulsó a los modelos productivos de economía circular y así contribuir a generar oportunidades para el desarrollo tecnológico de la Ciudad de México. Muestra de ello es la implementación de la primera tecnología 100% mexicana desarrollada por el Instituto Politécnico Nacional quien, como aliado tecnológico permitió la implementación de la Planta Productora de Biodiésel en la Central de Abasto (CEDA) para producir biodiésel de manera sustentable desde las materias primas hasta un producto terminado; la implementación de la planta da valor a los productos de desecho, ya que, para la fabricación de biodiésel, se aprovecha el aceite vegetal (proveniente de las cocinas, restaurantes, mercados entre otros) como materia prima.



Planta Productora de Biodiésel de la Central de Abasto



El proceso, denominado IPN-GBD-1000® presenta tres características innovadoras:

- **Cero residuos**, teniendo como principal producto el biodiésel y como producto secundario a la glicerina, ambos con valor económico en el mercado
- **Alta eficiencia energética y rendimiento óptimo**: un litro de aceite vegetal usado (AVU) por un litro de biodiésel y un consumo energético menor a 0.5 kWh/litro
- **Huella hídrica cero**, es decir, no se utiliza agua durante el proceso

Actualmente la Planta Productora de Biodiésel se encuentra en operación y generando biodiesel listo para su aplicación parcial en sistemas como el del transporte público de la Ciudad de México, generadores de energía (motores a diésel) y en el sector de generación de energía térmica (calderas a diésel o duales). Además, con la planta se da valor a los productos de desecho, en este caso, aprovechando el aceite vegetal usado y evitando que este vaya al drenaje.

Al ser un combustible limpio, genera impactos positivos para avanzar en una transición energética ya que, su uso representa una disminución de hasta el 80% en las emisiones de gases de efecto invernadero, con un beneficio directo a la calidad del aire al disminuir significativamente el nivel de contaminantes tales como: material particulado, monóxido de carbono, óxidos de azufre e hidrocarburos no quemados.

Juan Pablo Espejel Juárez, Violeta Yasmín Mena Cervantes, Luis Alberto Hernández Pérez y Leticia Mondragón Colín

## Mejora de procesos en la Planta de Biodiésel

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, CENTRO MEXICANO  
PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, ALCALDÍA ÁLVARO OBREGÓN

En el presente proyecto se llevó a cabo el diseño, fabricación y puesta en marcha de una **planta productora de biodiésel a partir de aceite vegetal residual** con tecnología diseñada y patentada por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) denominada: IPN-GBD-1000. Esta planta de biodiésel **tiene capacidad para procesar 500 litros de aceite usado de cocina** por lote de producción y está ubicada al poniente, en la Alcaldía Álvaro Obregón, como un esfuerzo complementario a la producción que se genera en la Planta productora de Biodiésel de la Central de Abastos al oriente de la Ciudad de México.

Toda la infraestructura y equipos de la planta, para el proceso y de servicios, fueron fabricados de acero inoxidable y con base en los “Lineamientos para el otorgamiento de permisos para la producción, el almacenamiento, el transpor-



Planta productora de biodiésel a partir de aceite vegetal residual, Alcaldía Álvaro Obregón

te y la comercialización de bioenergéticos del tipo etanol anhidro (sin agua) y biodiesel” emitidos por la Secretaría de Energía (Sener). La planta posee las características propias de la tecnología IPN-GBD-1000 como: cero residuos (no se envía residuos a los vertederos), alta conversión y eficiencia energética (transformación de una energía en otra y su aprovechamiento) y huella hídrica cero (volumen de agua utilizada diariamente). Para la etapa final del proyecto, la alcaldía proporcionó 350 litros de aceite usado y con ello se realizó el primer lote de este bioaditivo, a máxima capacidad en la planta, **obteniendo 350 litros de biodiésel**. El biodiésel producido se evaluó en el Laboratorio Nacional de Desarrollo y Aseguramiento de la Calidad de Biocombustibles (LaNDACBio) con sede en el Centro Mexicano para la Producción más Limpia (CMO+L) del IPN mediante 7 pruebas especializadas.

Esta planta va a ayudar con un programa de recolección para el aceite usado de la Alcaldía Álvaro Obregón, principalmente en los mercados y con ello se espera minimizar problemas de contaminación del agua y del alcantarillado. Además, previene problemas de salud causados por el mal uso del aceite quemado usado en la comida que no se prepara en casa. **El biodiésel que se produce se usará en los vehículos y máquinas de la alcaldía**, lo que ayudará a reducir las emisiones de gases contaminantes hasta en un 90% (dato sustentado por la cuantificación de emisiones de ciclo de vida).

Raúl Hernández Altamirano y Violeta Yasmín Mena Cervantes



## Desarrollo de biorrefinerías para el manejo sostenible de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en los canales de Xochimilco

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA E INSTITUTO FRANCES PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El 31 de octubre de 2019 iniciaron las actividades para el **diseño, construcción y operación de una biorrefinería** para el manejo sustentable de lirio acuático presente en el Canal de Cuemanco de la Alcaldía de Xochimilco de la Ciudad de México. El proyecto contó con el apoyo financiero de la Secretaria de Educación,



Biorrefinería para el manejo sustentable de lirio acuático presente en el Canal de Cuemanco de la Alcaldía de Xochimilco



La mayor parte del lirio procesado en la Biorrefinería proviene de los lagos y canales del Parque Ecológico de Xochimilco

Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México y con la participación de profesores e investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) de México y del Instituto para la Investigación y Desarrollo (IRD) de Francia. La Biorrefinería se instaló en el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca en la Ciudad de México para la producción de composta, lombricomposta, biogás y material absorbente. **Una parte importante del lirio procesado en la Biorrefinería provenía del Parque Ecológico de Xochimilco.** Adicionalmente, en las instalaciones de la Biorrefinería se diseñó y operó una zona de cultivo de lirio acuático de 125 m<sup>2</sup> con una capacidad de producción de una tonelada de lirio fresco por semana.

Desde la instalación de la Biorrefinería hasta su cierre en julio de 2022 **se procesaron 39 ton de lirio acuático** para la producción de composta (26.63 ton), lombricomposta (7.34 ton), material absorbente (0.78 ton) y biogás (4.26 ton). Además de la participación del personal de la UAM y del IRD hubo una importante participación de innovadoras empresas mexicanas para el diseño y construcción de la infraestructura necesaria para la operación de la Biorrefinería.

Durante la ejecución del proyecto se hizo un intenso trabajo de divulgación en diversos medios (web, videos, infografías, conferencias, presentaciones presenciales y a distancia). Como parte de todas estas actividades se establecieron vínculos con personas físicas y morales para **promover la transferencia de la tecnología desarrollada en la Biorrefinería.**

Las actividades desarrolladas en la Biorrefinería demostraron una estrategia para el manejo sustentable del lirio acuático presente en múltiples cuerpos de agua en todo el país.

Ernesto Favela Torres

## Evaluación de dispositivos basados en microsensores para el monitoreo continuo de la calidad del aire

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO, UNAM.  
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD DEL AIRE DE SEDEMA

El objetivo de este proyecto fue evaluar el desempeño de tecnologías basadas en microsensores para el monitoreo de la calidad del aire en las condiciones ambientales de la Ciudad de México, analizando sus fortalezas y debilidades para conocer su capacidad de generar datos confiables y de utilidad para la gestión ambiental. Para ello, se realizaron campañas que evaluaron el desempeño de un conjunto de dispositivos comerciales basados en microsensores, contra equipos de referencia, en dos sitios de la Ciudad con características meteorológicas y ambientales diferentes.

Un segundo componente del proyecto constó en realizar la instalación de dos redes de monitoreo utilizando dispositivos de microsensores y documentar la experiencia con el propósito de desarrollar una metodología y guías que puedan ser de utilidad para el uso de estas tecnologías.

De los resultados notamos que los equipos basados en microsensores en algunos casos mostraron correlaciones muy altas con respecto a los equipos de referencia. Particularmente en el caso de la medición de partículas finas los resultados resultan muy prometedores. Existieron diferencias significativas entre las diferentes marcas evaluadas y también entre dispositivos del mismo modelo. Los resultados menos confiables se obtuvieron en la medición de compuestos medidos por celdas químicas, como es el caso de los óxidos de nitrógeno y el ozono. Aun así, algunos sistemas de microsensores se desempeñaron de manera aceptable gracias a algoritmos de corrección que algunas marcas ya tienen incorporados en sus equipos.

El despliegue de dos redes piloto nos sirvió de experiencia para poder concluir que, en el uso de dispositivos basados en microsensores, es imperativo mantener una caracterización muy minuciosa de cada uno de los sensores a



Evaluación de microsensores para el monitoreo de la calidad del aire en la Ciudad de México



través de la revisión periódica de su calibración, y que las fallas en la alimentación eléctrica y la conectividad pueden obstaculizar de manera importante estas iniciativas. De aquí se puede concluir que **los costos reducidos de los equipos no necesariamente significan un ahorro, ya que en estos proyectos se deben considerar altos costos en mantenimiento**, revisiones periódicas, controles de calidad de datos, entre otras actividades.

Debido al amplio uso de estos dispositivos en la actualidad, el impacto que tiene este proyecto llega tanto a personas desarrolladoras de tecnologías nuevas, a las instituciones que han o tienen planeado desplegar redes de monitoreo, así como a las y los usuarios de los datos. **Se elaboró una guía de buenas prácticas en las que se listan varias recomendaciones para la operación y manejo de los datos**, sugiriendo cuáles son las métricas que mínimamente deben ser calculadas y reportadas para poder conocer la calidad de los datos que se miden. Se puntualizan **los beneficios de contar con una densidad alta de mediciones** en diferentes circunstancias y de la apertura de los datos para que la comunidad científica, las autoridades y el público en general dispongan de la información.

Michel Grutter de la Mora, Olivia Rivera Hernández, Armando Retama, Jaime Contreras, Eugenia González, Sandra Porras, Omar López, Thania Arredondo

## Diseño de la segunda versión de un dispositivo móvil y fijo usado para el monitoreo de la calidad de aire

SMABILITY SAPI DE C.V.

El aire es uno de los recursos más críticos de una ciudad y uno de los menos considerados. Es responsabilidad de los gobiernos locales controlar las emisiones y frenar los contaminantes en el aire, que eventualmente, afectan la calidad de vida de las y los ciudadanos. **Entre los desafíos ambientales que enfrentan las ciudades, la calidad del aire es de los más complicados de gestionar y mitigar.** El cumplimiento de las regulaciones se complica debido a la dificultad de localizar y cuantificar efectivamente las fuentes de emisiones nocivas.

Una opción para resolver el problema de cobertura, falta de información procesable y personalizada y comunicación de datos críticos, útiles y confiables de calidad del aire es el **uso de dispositivos portátiles de bajo costo.** Los dispositivos pueden informar y alertar, en tiempo real, sobre las condiciones de calidad de aire en un entorno urbano específico. **El dispositivo desarrollado puede reportar, cada cinco minutos en su modalidad fija o cada cinco segundos en su modalidad móvil,** concentraciones de PM<sub>2.5</sub> (ug/m<sup>3</sup>), PM<sub>10</sub> (ug/m<sup>3</sup>), CO (ppb), O<sub>3</sub> (ppb), temperatura (C°) y humedad relativa (%). El dispositivo desarrollado dispone de conectividad celular 2G/4G y protegido por una carcasa especialmente



La energía del dispositivo es suministrada a través de un eliminador de corriente directa o mediante una celda de energía solar



Dispositivos móviles y fijos usados para el monitoreo de la calidad de aire en la Ciudad de México

diseñada que lo resguarda de cualquier inclemencia (lluvia, humedad, radiación solar, cambios de temperatura). **La energía del dispositivo es suministrada a través de un eliminador de corriente directa o mediante una celda de energía solar;** ambas fuentes se utilizan para recargar la batería interna del dispositivo.

El dispositivo en su modalidad fija, **tiene una autonomía energética de entre 10 y 15 hrs y de 12 horas en su modalidad portátil**, reportando con exactitud la exposición a concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, ozono, monóxido de carbono, temperatura y humedad relativa y permite identificar las concentraciones de contaminantes presentes a nivel peatonal a las que la población de la Ciudad de México está expuesto, independientemente de su modalidad de traslado. Con dispositivos fijos de monitoreo de calidad de aire de bajo costo, se puede generar una red que ayude a complementar la red vigente; aumentando así la resolución de información de calidad de aire en términos espaciales y temporales.

Horacio Serafín Jiménez Soto y Octavio Serafín Jiménez Soto

## Identificación de procesos meteorológicos y climáticos que favorecen las concentraciones altas de ozono en la ZMVM y emisiones de COV y NOx asociadas: diagnóstico y propuesta

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA UNAM

En la Ciudad de México, a pesar de los esfuerzos para mejorar la calidad del aire, el ozono sigue siendo un problema, especialmente durante la temporada de ozono. Este compuesto se ve afectado por diversas condiciones geográficas y meteorológicas en la región, lo que contribuye a su elevada concentración. El proyecto propuesto tuvo como objetivo principal abordar esta problemática de manera integral, para mejorar el entendimiento de las **condiciones que conducen a la ocurrencia de las contingencias de ozono** y por qué éstas no han disminuido en los últimos años en la ciudad y su área conurbada.

Para lograr esto, uno de los principales análisis realizados fue el de la variabilidad de la temperatura del aire. Los resultados proporcionan un mayor conocimiento sobre **cómo ha evolucionado la temperatura en la zona centro de México**, incluyendo tendencias, percentiles, días cálidos, fríos y heladas. Además, se



analizó la relación entre la concentración de ozono y la temperatura del aire, lo cual ayuda a entender parcialmente, por qué la concentración de ozono no ha disminuido.

Se llevaron a cabo mediciones de **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)** y **Óxidos de Nitrógeno (NOx)**, cuyos resultados contribuyeron a una mejor comprensión de la sensibilidad química en la formación de ozono y la influencia de los COV y los NOx. Con estos resultados **las autoridades pueden priorizar acciones dirigidas a reducir los contaminantes específicos que tienen un mayor impacto en la calidad del aire**. Asimismo, los resultados de la determinación de COV en productos domésticos y comerciales realizados en el proyecto pueden ayudar a sentar las bases para la regulación y la selección informada de productos menos perjudiciales, mejorando así la calidad del aire en interiores. Los resultados permiten **conocer cómo ha cambiado la abundancia relativa de las diferentes especies de COV**.

Además, se trabajó en la **mejora de pronósticos meteorológicos y de calidad del aire**, lo que permitirá una mayor precisión en la predicción de temperatura de la superficie y del aire, así como de altas concentraciones de ozono. Esto permitirá a las autoridades **emitir recomendaciones a la población para reducir la exposición a niveles peligrosos de ozono**.

También se llevó a cabo una revisión bibliográfica de los **avances científicos relacionados con la mitigación del ozono troposférico**, proporcionando herramientas y datos que facilitan la gestión efectiva del aire, incluida la identificación de fuentes de contaminación y la evaluación de su impacto en las concentraciones de ozono. Finalmente, se generaron materiales de divulgación acerca de la calidad del aire para educar y sensibilizar a la población, medios de comunicación y autoridades sobre la problemática del ozono y la importancia de tomar medidas para mitigar sus efectos.

Jorge Zavala Hidalgo



## Integración de la purificación de aire, tratamiento de residuos orgánicos y producción de bioproductos en sistemas de cultivos de microalgas

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA,  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

En este proyecto se desarrollaron sistemas de producción de microalgas (Fotobiorreactores) acoplados al tratamiento de aguas residuales, la purificación de aire y al tratamiento de efluentes provenientes de la digestión anaerobia de residuos sólidos orgánicos, centrándose en el uso de los fotobiorreactores por la captura de gases efecto invernadero del aire de la ciudad (principalmente CO<sub>2</sub>). Se diseñó, construyó, caracterizó y operó un fotobiorreactor urbano (FBR-U), que es un sistema de cultivo microalgal arquitectónico tipo columna de burbujeo o *airlift*, con opción de aireación mediante compresor o con bomba sumergible.



Sistemas de producción de microalgas (fotobiorreactores) para el tratamiento de aguas residuales y purificación de aire

El sistema es multi funcional, por una parte, se cultivan microalgas empleando medios no convencionales; por otra, **hay captura de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, partículas PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>, adicionalmente hay generación de oxígeno por la fotosíntesis realizada por las microalgas.** El cultivo obtenido en los FBR-U se puede emplear como agua de riego y biofertilizantes; además, los FBR-U funcionan como elementos estéticos (Biourbanismo).

El FBR-U tiene las funciones de: 1. Tratar el aire, mediante la captura de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, partículas PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>; 2. El uso de medios no convencionales, dentro de los cuales se contempla el uso de aguas residuales y fertilizantes; 3) producción de biofertilizantes, los cuales consisten en el uso del cultivo obtenido como agua de riego o biofertilizantes en jardines urbanos, y 4) como elemento de Biourbanismo, gracias a su diseño urbano es un elemento que puede ser usado como un elemento ornamental y publicitario en ciudades sostenibles. La captura de Captura de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, fue evaluada a nivel laboratorio con columnas de burbujeo de 8l, por triplicado y un control abiótico. Adaptando un tren de atrapamiento de cada gas, así como con un sensor o medidor de CO<sub>2</sub> en aire.

**LOS FBR-U purifican el aire, capturan CO<sub>2</sub>, son elementos estéticos urbanos, crean un ambiente agradable en el entorno urbano y laboral y el cultivo puede emplearse como biofertilizante en áreas verdes.**

Luis Carlos Fernández Linares

## Diseño y desarrollo de concreto nanocompuesto polimérico con óxido de grafeno y arcilla bentonita-lys para la industria de la construcción y vialidad

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES

Las resinas poliéster insaturadas han sido ampliamente usadas en la industria debido a que poseen excelentes propiedades químicas y mecánicas, buena resistencia a la intemperie y a la corrosión, así como un bajo costo. Los estudios sobre el uso de polímeros en concretos se iniciaron con la adición de resinas a morteros elaborados a base de cemento Portland con el propósito de mejorar su resistencia. La resina polimérica actúa en el material como el agente de unión de los minerales incorporados.

En este proyecto, se desarrolló el método para sintetizar resina poliéster insaturada utilizando como materia prima botellas de polietileno tereftalato (PET) recicladas post consumo y un proceso químico de glicólisis. Además, se uti-



Planta Trituradora de Residuos de la Construcción, Alcaldía Tláhuac



Se produjeron concretos permeables e impermeables utilizando resina insaturada con nanopartículas y granulados de concreto reciclado

lizaron refuerzos inorgánicos de tamaño nanométrico producidos por un proceso novedoso con ultrasonido y resinas asociativas, las partículas producidas fueron denominadas **nanografito-grafeno, óxido de grafito y arcilla químicamente modificada**.

Tratando de conservar la idea de que la economía circular es mucho mejor para el medio ambiente que la economía lineal, en este proyecto **se produjeron concretos permeables e impermeables utilizando esta resina insaturada con nanopartículas, en conjunto con granulados de concreto reciclado** (concreto de calles y edificios en demolición llevados a molienda). La unión de estos componentes cae dentro de la definición de materiales nanocompuestos poliméricos.

Los resultados mecánicos de estos materiales muestran que **pueden ser sustitutos del concreto hidráulico en situaciones donde la permeabilidad y/o resistencia a los agentes químicos sean de vital importancia**. Estos concretos poliméricos, permeables o impermeables, pueden ser producidos y colocados en el sitio donde se requieren o pueden fabricarse previamente en elementos de construcción, como adoquines. Una muestra de la aplicación de estos concretos es una calle que se encuentra en las instalaciones de la Secretaría de Obras y Servicios (Sobse).

Antonio Sánchez Solís y Mirna Rosa Estrada Yáñez

## Desarrollo de materiales biodegradables como adsorbentes de contaminantes derivados de residuos sólidos urbanos en aguas de la Ciudad de México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD IZTAPALAPA  
COLABORACIÓN: PLANTA DE PRODUCCIÓN DE COMPOSTA Y VIVEROS IPN  
UNIDAD PROFESIONAL ADOLFO LÓPEZ MATEOS; UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE QUÍMICA; UNIVERSIDAD DE LYON FRANCIA  
IMP/CNRS; UNIVERSIDAD DE SOJO, JAPÓN

El manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos (rso) permite el aprovechamiento como estrategia de economía circular de mantener los productos, componentes y materiales en uso durante más tiempo.

En este contexto a partir de RSO de los restos del exoesqueleto de algunos crustáceos como el camarón se produjeron biopolímeros de quitina y quitosano mediante un proceso de fermentación enzimática (síntesis biológica), los cuales se fusionaron con un poliéster biodegradable, para a la fabricación de un compuesto adsorbente, totalmente biodegradable (compostable), reutilizable



Los residuos orgánicos se transforman mediante tecnologías verdes en productos con valor agregado



Una vez que finaliza su vida útil regresa a la naturaleza mediante un proceso de compostabilidad

y obtenido del RSO de la basura, con un alto valor agregado para tratamiento amigables con el ambiente, principalmente en el control de contaminantes en cuerpos de agua.

Este material presenta características fisicoquímicas y estructurales adecuadas con estabilidad química y excelente selectividad por metales pesados, los cuales son altamente tóxicos, que requieren ser separados de los cuerpos de agua. El material adsorbente obtenido puede ser reutilizado en varios ciclos de adsorción-desorción. Una vez que finaliza su vida útil regresa a la naturaleza mediante un proceso de compostabilidad en conformidad con las normas ambientales.

Al ser evaluado este compuesto adsorbente en un ambiente real, fue capaz de capturar metales pesados en agua contaminada.

Concepción Keiko Shirai Matsumoto, Judith López Jardínez, Roberto Olayo Valles, Humberto Vázquez Torres, Alberto Tecante Coronel, Miquel Gimeno Seco, Laurent David y Makoto Anraku

## Caracterización de residuos sólidos de la Ciudad de México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD AZCAPOTZALCO

Los instrumentos de gestión de residuos de la Ciudad de México se basan en estudios desactualizados. A pesar de contar con un **inventario de residuos anual**, éste no detalla la composición de los residuos sólidos urbanos, que representan la mayor parte de la generación, incluyendo corrientes importantes como residuos de alimentos, peligrosos, textiles y plásticos de un solo uso.

El objetivo de este proyecto es **realizar un diagnóstico de caracterización y composición de residuos** (residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial, y residuos potencialmente peligrosos) domiciliarios de la Ciudad, **con el fin de identificar y cuantificar los residuos susceptibles de aprovechamiento mediante tratamientos biológicos, reciclaje y valorización energética**; para el establecimiento de políticas públicas para su gestión sustentable.

Se desarrolla a través de muestreos domiciliarios que permiten cuantificar la generación per cápita y la composición en subproductos, además de incluir análisis fisicoquímicos en laboratorio y definición de propuestas tecnológicas a nivel conceptual y en política pública.

A través del presente proyecto **se generará información relacionada con la composición de residuos en subproductos en estaciones de transferencia**; caracterización fisicoquímica de los residuos; presencia de residuos peligrosos en residuos sólidos urbanos; propuestas conceptuales para la valorización de corrientes específicas de residuos; y una línea base para la evaluación de los distintos programas y proyectos relacionados con residuos en la Ciudad.

Este estudio **permitirá diseñar e implementar nuevas políticas públicas efectivas para el aprovechamiento de residuos en la Ciudad**. Además, proporcionará datos actualizados para evaluar el programa **Basura Cero**, cumpliendo con los principios de transparencia de esta administración.

Alethia Vázquez Morillas



## Evaluación de la incorporación de residuos plásticos compostables en un proceso real de composteo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD AZCAPOTZALCO,  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, QUÍMICA MEXIBRAS S.A. DE C.V.

La generación de residuos plásticos se ha incrementado de manera continua en las últimas décadas, especialmente por el **aumento en el consumo de plásticos de un solo uso**. Para atender esta problemática, la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal establece la restricción en la distribución, comercialización y entrega de algunos productos plásticos, a menos que sean compostables. En este contexto, el objetivo fue **evaluar el efecto y los límites para la incorporación de residuos plásticos compostables en un proceso real de composteo**.

Experimentalmente se evaluó la **desintegración de bolsas compostables** (0.5 % en masa) en pilas de 10 m<sup>3</sup> de la planta de composta del IPN que incluyeron distintas proporciones de residuos alimenticios. El proceso tuvo una duración de 148 días, posteriormente se analizó la presencia de microplásticos, en la etapa final se analizó el efecto de la calidad de la composta y la fauna edáfica.

**Las bolsas compostables se desintegraron en el proceso, y se encontraron 80 microplásticos (<5 mm)**, pero sólo cinco de ellos correspondían a las características de las bolsas compostables. **No se afectó el desarrollo del proceso ni la calidad de la composta**, sin embargo, es necesario analizar con mayor profundidad efectos en la fauna edáfica. Se generó una propuesta de lineamientos técnicos para la incorporación de plásticos compostables en plantas de la Ciudad de México y material de divulgación.

A través del proyecto se **identificaron los requisitos operativos para que las bolsas compostables puedan incorporarse de manera segura a los procesos de composteo**, incluyendo las etapas de separación en la fuente, recolección, transferencia, recepción, acondicionamiento, formación de pilas, desarrollo del proceso y caracterización final, así como las características mínimas con que deben contar las plantas de composta.

Alethia Vázquez Morillas, Judith López Jardines y Gisela Galicia Zapata



Planta de composta del Instituto Politécnico Nacional



## Pruebas rápidas para detectar compuestos no autorizados en plásticos denominados como “compostables”

CICATA LEGARIA, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Este proyecto se diseñó y ejecutó en el marco de un cambio de **paradigma sobre la generación y manejo de residuos sólidos de la Ciudad de México**. La Ley de Residuos Sólidos publicada en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México (25/06/2019) estableció a partir del año 2020 la **prohibición de la comercialización, distribución y entrega de bolsas de plástico al consumidor** en los puntos de venta de bienes o productos, excepto si son compostables. El amplísimo intercambio de mercancías que se lleva a cabo en la Ciudad de México y la arraigada costumbre de usar bolsas de plástico para el transporte de las mismas, siendo éste su único uso; trajo como consecuencia que en el mercado aparecieran bolsas con distintas etiquetas que aludían a una composición nueva, o ecológica, entre ellas “**bolsa compostable**”.

Frente a la necesidad de contar con evidencia científica que coadyuvará a este cambio de paradigma, el grupo de investigación diseñó el proyecto, enfatizando la pertinencia de **contar con pruebas de análisis de composición química de las bolsas de un solo uso**, que respalde la autorización de la comercialización de bolsas plásticas, durante el periodo de seis meses previo a la prueba de compostabilidad.

Se acompañó la iniciativa emitida en la Ciudad de México para **minimizar la contaminación por plásticos, brindando análisis de la composición de bolsas** potencialmente o no potencialmente compostables mediante el desarrollo de un test, que en suma determinaba su composición química, mediante ensayos espectroscópicos y de calorimetría, que permitió identificar de forma rápida y económica las muestras potencialmente compostables (PLA, PCL) de las potencialmente no compostables (PP, PEHD, PEBD).



La Ciudad de México estableció a partir del año 2020 la prohibición de la comercialización, distribución y entrega de bolsas de plástico al consumidor



Se tomaron 23 muestras aleatoriamente, 17 de las cuales resultaron potencialmente no compostables

El proyecto se desarrolló en dos etapas: 1. El grupo de investigación **colectó aleatoriamente y analizó bolsas de plástico** en algunas alcaldías de la Ciudad (23 reportes en total). 2. la Secretaría del Medio Ambiente proporcionó un conjunto de bolsas cuyos comercializadores y productores solicitaban autorización de comercialización (18 comercializadores en total). Los resultados de la primera etapa dieron cuenta de que **la mayoría de las muestras colectadas** de forma individual en mercados y establecimientos comerciales (17/23 bolsas) presentaron una composición química que **las hace potencialmente no compostables**. Por otro lado, las muestras adquiridas en comercios electrónicos o en la estantería de bolsas compostables de tiendas departamentales (6/23) presentaron una composición química que las hace potencialmente compostables.

Los reportes de la segunda etapa mostraron que 11/18 (61%) de las alternativas comerciales proporcionadas por Sedema presentan una composición química que **las hace potencialmente compostables** y el resto (7/18) son potencialmente no compostables.

Contar ahora con una estrategia metodológica rápida y validada científicamente, **permite identificar productos plásticos de un solo uso, con potencial de ser compostables** (requeridos en la Ley) en tiempo récord (inferior a una semana). Esto permite que la Sedema pueda **conceder permisos temporales a productores, comercializadores o distribuidores de plástico de un solo uso**, previo a las pruebas de compostabilidad requeridas, las cuales son de al menos seis meses.

Ana Adela Lemus Santana, Benjamín Portales Martínez, Jesús Vega Moreno, Donají Velasco Arias y Berenice González Santiago

## **Análisis de los impactos ambientales de las bolsas de plástico de un solo uso en la Ciudad de México**

INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM

Los plásticos han transformado la vida cotidiana y aportan muchos beneficios sociales, sin embargo, las preocupaciones sobre su uso y eliminación son diversas e incluyen la acumulación de desechos en vertederos y en hábitats naturales, **problemas para la vida silvestre como resultado de la ingestión o enredo en plástico**, la lixiviación de productos químicos de productos plásticos y la posibilidad de que los plásticos transfieran productos químicos a la vida silvestre, a los humanos y ecosistemas marinos.

Para solucionar **la crisis de los residuos plásticos** debemos considerar medidas que no impacten otros aspectos del medio ambiente o a la sociedad. Es necesario que las medidas que se adopten, sean analizadas desde diferentes perspectivas, incluyendo el clima, la calidad del aire, los potenciales efectos en suelo, ambiente marino y potenciales impactos sociales. Por ejemplo, hay soluciones que incluyen la **reducción de materiales**, el **diseño para reciclabilidad al final de la vida útil**, el **desarrollo de materias primas de origen biológico** y **estrategias para reducir los residuos plásticos**; sin embargo cualquier estrate-



gia debe ser analizada a través del enfoque de Análisis del Ciclo de Vida (ACV), complementándolo con evaluaciones de política pública y análisis de impactos ambientales y sociales que consideren los efectos que ACV no alcanza a modelar.

Por lo anterior, en este proyecto **se analizaron los impactos ambientales de las bolsas de plástico de un solo uso en la Ciudad de México**, considerando cinco objetivos específicos que contribuyen a resolver o mitigar algún problema y representaron algunos potenciales beneficios.

- **Objetivo 1:** La revisión del **estado del arte de las intervenciones gubernamentales en material de plásticos y bolsas de plástico** proporcionó elementos para que la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (Sedema) pueda fundamentar las decisiones alrededor de las problemáticas por plásticos en las rutas generales más efectivas para atenderlas y las tendencias en los resultados de la implementación de dichas intervenciones. De manera paralela **se propone un listado de indicadores de economía circular** que pueden ayudar en la medición y monitoreo de las políticas de circularidad a partir del estado actual de las estrategias en el sector a nivel mundial
- **Objetivo 2:** Se presentó una revisión de estudios científicos de ACV de plásticos que permite **identificar a nivel internacional el desempeño de los plásticos desde un enfoque sistémico y cuantificable**
- **Objetivo 3:** Se presentó el ACV de bolsas de acarreo más representativas de la Ciudad, con datos bibliográficos que permite identificar las etapas y procesos unitarios con mayor afectación al ambiente, así como las limitaciones de los estudios de ACV al evaluar los impactos de los plásticos mediante esta metodología. Estas limitaciones se basan en la falta de elementos para cuantificar los efectos de las bolsas de acarreo en medios marinos, afectaciones en la fertilidad del suelo y potenciales daños a la salud humana por micro o nanoplásticos
- **Objetivo 4:** Se presentó el **Indicador de Basura** como una herramienta que permite medir el riesgo de las bolsas a ser abandonadas y generar impactos ambientales considerados y no considerados en los estudios de ACV.
- **Objetivo 5:** Se evaluaron los potenciales **impactos sociales de tres tipos de bolsas de plástico** por primera vez en México.

De manera integrada todos los objetivos específicos de este proyecto contribuyen a contar con información sistemática y científicamente robusta que apoyará el proceso de toma de decisiones y la política pública en materia de bolsas de acarreo de un solo uso en la Ciudad, además de ser una posible fuente de información para el gobierno, el sector empresarial y para la sociedad en general.

El estudio de ACV mostró que las bolsas plásticas de un solo uso se transforman muy fácilmente en residuos (basura); siendo las bolsas reutilizables aquellas con los menores impactos ambientales siempre y cuando tengan 11 usos al año.

Leonor Patricia Güereca Hernández, Ximena Adela García, Alejandro Padilla Rivera y Sergio Zamorano

## Red de Laboratorios de Sustentabilidad Alimentaria (Red LabSA)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Y ESCUELA CHINAMPERA TLAMACHTILOYAN CHINAMPANECA

Es una iniciativa que tiene como objetivo **crear una red de laboratorios que ayuden a mejorar la seguridad alimentaria a través de sistemas agrícolas productivos y sostenibles** de los suelos de conservación de la Ciudad de México.

Entre los principales resultados figura el **fortalecimiento de las actividades de capacitación y transferencia de tecnología en el predio agrícola** de la UAM de las Ánimas, Tulyehualco Xochimilco, a través de la habilitación de varios espacios demostrativos y el desarrollo de encuentros y talleres de capacitación con más de 40 productores y técnicos del suelo de conservación en temáticas relacionadas con la producción sostenible de alimentos y la conservación de semillas nativas.

Así mismo, se desarrolló la propuesta en territorio de la Escuela Chinampera a través del enfoque de enseñanza-aprendizaje centrado en **sentir, pensar, construir, sembrar, cuidar y cosechar la chinampa**; transformar sus frutos y



Fortalecimiento de las actividades de capacitación y transferencia de tecnología en el predio agrícola Las Ánimas



Escuela Chinampera, bajo el enfoque centrado en sentir, pensar, construir, sembrar, cuidar y cosechar la chinampa

comer, saber obtener y cultivar plantas medicinales, así como aprender música, grabado, literatura. La Escuela Chinampera instrumentó un diálogo con instituciones federales, centrales, universidades, organizaciones civiles y sociales, organismos internacionales, y especialmente con comunidades organizadas de personas ocupadas en cuidar la vida, teniendo una relación con más de cinco mil personas en sus diferentes actividades.

Otro logro de la Red LabSA fue la consolidación del **Laboratorio de Manejo Sustentable de Suelos y Evaluación de Compostas** de la Planta de Producción de Composta, Laboratorio y Vivero “Dr. Héctor Uriel Mayagotia Domínguez” del IPN, lo que fortalece la evaluación de calidad del proceso de composteo y del producto terminado, así como su impacto en los suelos en los que se aplica. También se obtuvo un análisis de factibilidad para el establecimiento del **Laboratorio Nacional en Alimentación Sostenible (LASOS)** en la UNAM, cuya función será **impulsar la educación e investigación relacionadas con la búsqueda de soluciones integrales a los desafíos alimentarios** que enfrenta la Ciudad de México. Este estudio reveló que, en la investigación científica de la UNAM, más de 900 personas académicas están involucradas en temas alimentarios, y que más del 35% de ellas se centran en la **alimentación sostenible**.

Luis Manuel Rodríguez Sánchez, Arturo Argueta Villamar, María Elena Trujillo Ortega, Judith López Jardinez y Paola Massyel García Meneses

## Parcela agrovoltaica, sostenible y educacional, PASE

INSITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES, UNAM

El proyecto Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educacional (PASE) **tiene un enfoque de investigación, demostrativo y de enseñanza**. Su finalidad es contribuir a la preservación del suelo de conservación de la Ciudad de México y a la mejora en la calidad de vida de las personas agricultoras.

La infraestructura del proyecto PASE se integra por: a) una estructura metálica reticular elevada, b) 72 módulos fotovoltaicos distribuidos en 6 hileras, 12 unidades por hilera formando la cubierta fotovoltaica (Cub-FV), c) 30 microparcels cuadradas confinadas en cajones cuadrados de madera, sin fondo, d) un sistema de recolección de agua; f) una caseta de usos múltiples, g) un sistema de deshidratado solar, y e) un sistema de adquisición de datos.

En septiembre de 2023, se iniciaron los cultivos de 10 especies de hortalizas de la región correspondiente al ciclo otoño-invierno: acelga, brócoli, cebolla blanca, cebolla morada, coliflor, col morada, col verde, lechuga italiana, le-



Parcela agrovoltaica, sostenible y educacional, ubicada en Topilejo, Alcaldía Tlalpan.



**chuga sangría y puerro**; sembrándose dos especies en cada micro parcela, ocho plantas por especie. Al término de su ciclo de crecimiento se observó y determinó, mediante mediciones de tamaño y peso del producto cosechado, lo siguiente: **disminución del estrés térmico luminoso** de los cultivos debajo de la Cub-FV, obteniéndose mejoras en su desarrollo; **disminución en los requerimientos de agua**; **protección de los fenómenos climáticos** (heladas); teniéndose un letargo de tres semanas en el crecimiento, con respecto a los cultivos cielo abierto.

A la fecha, con escasos seis meses de operación, los resultados de los primeros cultivos constatan que el proyecto puede resolver algunos problemas propios de las diferentes alcaldías del sur de la Ciudad como Xochimilco, Tláhuac e inclusive Tlalpan y Milpa Alta, como lo son la falta de electricidad en los sitios de producción, **mejora en los cultivos de hortalizas**; y carencia de agua óptima para el riego. Los beneficios que trae consigo son, entre otros, la **generación de electricidad *in situ*** para abastecer sistemas eléctricos para el bombeo de agua, posibilidad de tratamiento de agua, **mejoramiento de las tierras de cultivo** al ser regadas con agua tratada, y uso simultáneo de la tierra: cultivos y generación de electricidad.

El proyecto PASE, actualmente único en México, **constituye un laboratorio experimental para generación, capacitación y divulgación de conocimiento** sobre la fenología de vegetales que crecen bajo el concepto de cultivos protegidos, en este caso, por una cubierta fotovoltaica.

El proyecto **ha contribuido a la formación de recursos humanos**: 12 estudiantes del TNM Campus Tláhuac III, 10 estudiantes de la UAM Unidad Xochimilco; el coordinador de los cultivos, Sr. Víctor Rodríguez Padilla y dos jornaleros. Al primer trimestre del 2024 se ha capacitado a 14 personas productoras y 12 técnicas de la Corenadr Topilejo.

Aarón Sánchez Juárez



## Colecta y propagación de plantas nativas del Valle de México para el paisajismo sostenible de las áreas verdes públicas de la Ciudad de México

JARDÍN BOTÁNICO DEL INSTITUTO DE BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Se estima que **alrededor de 70% de las especies empleadas en áreas verdes de la Ciudad de México son exóticas**, mientras que el resto son especies nativas de la región (Benavides-Meza, 1992). Lo anterior se debe a diversos factores, como la **baja o nula producción de especies nativas** debido al poco conocimiento que se tiene sobre ellas; la alta y constante disponibilidad de especies exóticas en viveros, que poseen características fenológicas atractivas como flores, frutos o follaje (Falcón-Lara, 1994; Rojo-Negrete, 2006). Desde hace unas décadas **surge la necesidad de conservar, rehabilitar y fomentar el manejo y cuidado de las áreas verdes**, demandando la producción de especies de calidad, adecuadas a los sitios de plantación y que brinden servicios ecosistémicos. Por ello fue necesario implementar este proyecto de tecnificación que permitió fortalecer la capacidad operativa y productiva del **vivero Nezahualcóyotl** del Gobierno de la Ciudad de México, contribuyendo a mejorar la calidad de las áreas verdes en la Zona Metropolitana.





Colecta y propagación de plantas nativas del Valle de México en el vivero Nezahualcóyotl

Entre las metas cumplidas en el proyecto financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de la Ciudad de México se encuentran:

- 1 Paleta vegetal de plantas nativas de la Ciudad para su uso en áreas verdes urbanas: **48 de especies distintas, pertenecientes a 25 familias botánicas diferentes** en todas las formas de vida, desde pastos, enredaderas, arbustos hasta árboles
- 2 Transferencia de germoplasma de especies nativas: **Entrega de 23,140 plántulas de especies nativas** de 48 especies distintas, pertenecientes a 25 familias botánicas diferentes en todas las formas de vida, desde pastos, enredaderas, arbustos hasta árboles
- 3 **Entrega de 20 lotes de semilla seleccionada** de especies nativas distintas de todas las formas de crecimiento

El proyecto contó con la colaboración con la Secretaría del Medio Ambiente a través del Vivero Nezahualcóyotl, Xochimilco, Ciudad de México y Vivero Yecapixtla, Yecapixtla, Morelos. Con ello, se logró consolidar el Programa de Propagación de Plantas Nativas Mexicanas para la reforestación urbana y el diseño de jardines temáticos.

Jorge Nieto Sotelo

## Crasuláceas mexicanas: plantas ahorradoras de agua para las áreas verdes de la Ciudad

JARDÍN BOTÁNICO DEL INSTITUTO DE BIOLOGÍA  
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

La **Colección Nacional de Crasuláceas (CNC)** que se encuentra alojada en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM, ejemplifica una estrategia de conservación *ex situ* y de aprovechamiento de la biodiversidad vegetal con potencial ornamental. **Las crasuláceas despiertan interés en México por su belleza, diversidad y bajo consumo de agua.** Por su atributo ornamental, muchos especímenes de crasuláceas son populares entre las personas coleccionistas del mundo.

La misión de la CNC es la **investigación de la biodiversidad, conservación, manejo y uso de las crasuláceas.** La CNC ha desarrollado diversos proyectos referentes a la divulgación del conocimiento de estas plantas y la propuesta de medios alternativos para su aprovechamiento sustentable, se procura que el conocimiento generado llegue a beneficiar y potenciar la comercialización de la flora mexicana de manera responsable, generando una disminución en la presión del mercado que afecta a las plantas en vida silvestre.

La relación que existe entre la CNC y la divulgación científica es de gran importancia debido al compromiso de **mejorar la comprensión del entorno fisi-**



Crasuláceas mexicanas: plantas ahorradoras de agua para las áreas verdes de la Ciudad



Colección Nacional de Crasuláceas que se encuentra alojada en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM

co, ambiental y social mediante la divulgación, investigación y producción de material académico, propiciando el fomento de la educación ambiental, la cual es uno de los factores más exitosos entre los jardines botánicos y las colecciones biológicas mexicanas.

El Museo Itinerante de Crasuláceas (MIC) es una propuesta de divulgación científica que se consolida a través de una muestra itinerante dirigida a todo el público interesado sobre las **plantas nativas mexicanas**. El MIC se organiza en cinco módulos: biodiversidad, ciencia y arte, desarrollo tecnológico, naturaleza urbana, información, exhibición de plantas y materiales impresos, además cuenta con un área exclusiva para el desarrollo de talleres de ciencia recreativa.

Panuncio Jerónimo Reyes Santiago

## Manejo de suelos volcánicos en la porción sur de la cuenca de México para potencializar su producción alimentaria sustentable, recarga de agua y mitigación del cambio climático

INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE LA UNAM

Los suelos en la Zona de Conservación de la Ciudad de México son principalmente de origen volcánico. Dada esta naturaleza, se consideran de alta fertilidad y se han cultivado por largo tiempo. Sin embargo, son sistemas frágiles que se deterioran fácilmente bajo esquemas de agricultura intensiva. En las laderas de los volcanes Teuhtli y Ayaquémétl se realizó una evaluación de suelos para conocer el estado de conservación que presentaban, detectándose una fuerte degradación, sobre todo por erosión y pérdida de su parte superficial (horizonte llamado A, rico en materia orgánica humificada). Esto ha repercutido en una disminución de su potencial agrícola. Por esta razón, se desarrolló un estudio para tratar de mejorar el contenido de materia orgánica y el grado de agregación de los



Laderas de los volcanes Teuhtli y Ayaquémétl, Ciudad de México

0 l/m<sup>2</sup>

Laderas de los volcanes Teuhtli  
y Ayaquémétl, Ciudad de México



suelos, usando mejoradores a base de nopal. En consecuencia, se tomó suelo de la zona, para llevar a cabo un experimento a nivel invernadero. El suelo se colocó en macetas de un kg, en donde se sembró avena usándose diversos fertilizantes: fertilizante químico, estiércol, composta, nopal picado y biodigestato de nopal. Los resultados mostraron que tanto el estiércol como el biodigestato no solo condujeron al crecimiento adecuado de la avena, sino que mejoraron el contenido de materia orgánica y el grado de agregación de los suelos.

La fase final del proyecto consistió en replicar el experimento en campo (comunidades de Tetelco y Tulyehualco) agregando varias dosis de biodigestato en las parcelas. Se observó al término del experimento, una **alta densidad de plantas que mostraron una altura mayor que cuando no se usó el biodigestato**. En este sentido, concluimos que el uso del biodigestato, a base de un producto que se usa en la zona, ofrece una alternativa para mejorar la calidad del suelo, sin disminuir la productividad, lo cual es esencial para el agricultor.

Elizabeth Solleiro Rebolledo

## Conservación de los servicios hidrológicos y la biodiversidad en la comunidad de San Miguel Topilejo de la Ciudad de México

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO DEL IPN

En meses recientes la Ciudad de México enfrenta una severa crisis por el suministro de agua potable para el consumo diario. Ante esta situación las y los habitantes con frecuencia cuestionamos por qué no obtener más agua de otros sitios con agua disponible (suponiendo que existieran tales) o bien se perforan más pozos, pero rara vez reflexionamos sobre cuál es la fuente de donde proviene el agua que utilizamos en esta metrópolis.

En el denominado Suelo de Conservación, particularmente las zonas boscosas ubicadas al poniente y sur de la Ciudad, se encuentra la fuente más importante para captación del recurso hídrico, por ello su preservación resulta primordial. Los pueblos originarios juegan un papel fundamental en la preservación, como es el caso de la comunidad de San Miguel Topilejo, asentada al sur de la Alcaldía Tlalpan. En el año 2007 los pobladores acordaron establecer una Reserva Ecológica Comunitaria que por su extensión (12,270 ha) es la segunda



Reserva Ecológica Comunitaria en la comunidad de San Miguel Topilejo de la Ciudad de México



Los pueblos originarios juegan un papel fundamental en la preservación, como es el caso de la comunidad de San Miguel Topilejo, asentada al sur de la Alcaldía Tlalpan

área natural protegida más grande de la Ciudad y que por su geología y cobertura forestal, **es apta para captar e infiltrar el agua de lluvia** y con ello restituir parte el agua que se extrae del subsuelo, entre otros servicios ambientales.

En este estudio y con el apoyo de miembros de esa comunidad, **se realizó un inventario forestal** el cual concluye que a pesar de que algunos sitios presentan cierto nivel de afectación derivado de actividades humanas como es el cambio de uso del suelo de forestal a agrícola, así como una sobre-densificación por prácticas de reforestación inapropiadas, **el grado de conservación de la reserva es bueno** en tanto el 83.5% de su superficie presenta coberturas de encino-pino, matorral y pastizal, aptos para el proceso de infiltración, además de ser hábitat propicio para especies endémicas como son el teporingo y el gorrión serrano.

Por el contrario, una estimación de los escenarios climáticos hacia el año 2030 indican que aun cuando las condiciones de precipitación serán similares a las históricas, **el incremento en la temperatura, próximo a los 0.5°C, puede impactar a la cubierta vegetal y en general en la biodiversidad** con una mayor incidencia de incendios forestales y sobre todo incremento de la evapotranspiración y con ello **menos disponibilidad de agua para la infiltración y recarga de mantos acuíferos.**

Germán Raúl Vera Alejandre



## Agentes asociados a la declinación y muerte de las palmeras de la Ciudad de México

### GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN EN PALMAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

En la Ciudad de México, no solo existen árboles, coexisten otras especies como las palmas, cuya presencia se ha extendido por el porte y elegancia que proyectan, entre otros importantes beneficios ecosistémicos que ofrecen, como la sombra. Sin embargo, **en la última década hemos sido testigos de la muerte de cientos de palmeras en diferentes áreas de la ciudad**; este fenómeno motivó este proyecto, apoyado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (Sectei), con el objetivo de determinar las causas de esta problemática.

En este estudio multidisciplinario, se exploraron diversas líneas de investigación **para conocer la condición de salud actual de las palmas y los agentes que contribuyen a su pérdida**, esto como paso previo a la implementación de cualquier actividad de manejo. Se encontró que:

La evaluación del estado de salud de 600 palmeras, reveló que la calidad de corona mostró que el **13.5% de las palmas se encontró en estado crítico** (menor cantidad de frondas verdes), 20% en intermedio y el 56.9% en condiciones normales de salud.

Se encontraron varias especies de hongos que están relacionadas con el debilitamiento y muerte de las palmas canarias, entre estas: *Nalanthamala vermoesenii*, que causa la pudrición rosa, *Serenomyces* sp. que se encuentra en el raquis (la parte central de la fronda), *Cladosporium* sp. y *Phoma glomerata* en el peciolo (la base de la fronda) y *N. vermoesenii* y *Cladosporium* sp en los foliolos (las pequeñas hojas de la palma). Estos hallazgos son nuevos para la palma canaria en la ciudad (Figura 2).



A la izquierda: Palma sana (febrero de 2022). A la derecha: La misma palma mostrando los síntomas del fitoplasma 16Sr-D (mayo de 2022)



Síntomas de necrosis lateral de la base de la fronda ocasionada por *Nalanthamala vermoesenii* (pudrición rosa) y esporas del hongo creciendo sobre el tejido interno.

Se confirmó la **presencia del fitoplasma 16Sr iv-d, causante de la enfermedad del tipo “Amarillamiento letal” o “Texas Phoenix Palm decline”**. Los síntomas de necrosis de las frondas basales, avanzan de manera ascendente hacia las más jóvenes. Es el primer reporte de este fitoplasma en palmas canarias de la ciudad.

En cuanto a la micoflora del suelo, en las raíces **se identificaron ocho géneros de hongos**: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Gliocladium* y *Mucor Fusarium oxysporum*. Este último fue el más frecuente, y todos fueron reportados por primera vez.

**Se identificaron también insectos, como la escama armada del género *Diaspis***, que es la más frecuente en todas las Alcaldías estudiadas, y **ácaros como el ácaro rojo *Raoiella*** indica que afecta también otras especies de palmas.

También **se identificaron agentes abióticos** que afectan a las palmas canarias, entre los cuales se destacan las **altas temperaturas, baja precipitación**, y en suelo, pHs extremos (4.8 a 7.4), grado de compactación alto en algunas áreas y espacio de crecimiento limitado. Adicionalmente se detectaron síntomas típicos de deficiencia de potasio. Todos estos factores, podrían estar actuando sinérgicamente en la predisposición de las palmas al ataque de agentes bióticos (hongos, insectos y ácaros). Para priorizar su importancia individual y en asociación, se requiere de más investigación.

**Se concluyó que las palmas canarias de la Ciudad de México están afectadas por la combinación de factores bióticos y abióticos.** Aunque la identificación de enfermedades basada en los síntomas de campo puede ser adecuada en algunos casos, la similitud entre ellos requiere de un diagnóstico formal basado en el aislamiento e identificación con métodos avanzados (morfométricos y moleculares), previo a definir cualquier estrategia de manejo.

Dionicio Alvarado-Rosales (Coordinador), Luz de Lourdes Saavedra-Romero, Andrés Quezada-Salinas, Alejandra Almaraz-Sánchez, Silvia Edith García-Díaz, Sergio Aranda-Ocampo, Carlos Fredy-Ortiz, Armando Equihua-Martínez y José Abel López-Buenfil

## **La Etiqueta Chinampera como promotora del fortalecimiento económico, alimenticio y la restauración integral de la zona lacustre de Xochimilco a través del modelo chinampa-refugio**

INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM Y CHINAMPEROS DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA SAN GREGORIO ATLAPULCO EN XOCHIMILCO

El Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM en conjunto con los chinamperos del Área Natural Protegida (ANP) “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, han trabajado desde hace 18 años en la **rehabilitación de la zona chinampera y la recuperación de la fauna y flora nativa** a través de un modelo de restauración ecológica denominado “modelo chinampa-refugio”.

Este modelo, busca generar una dinámica entre la reactivación de las prácticas agroecológicas chinamperas tradicionales y la **creación de chinampas-refugios que proporcionan hábitat a las especies endémicas y nativas** para dicho humedal.



Zona lacustre del Parque Ecológico de Xochimilco

Chinampas en la zona lacustre de Xochimilco



Derivado de las interacciones socio ecosistémicas que se han observado en el humedal, se hace necesario implementar mecanismos novedosos de gestión ambiental y económica que permitan interconectar e impulsar el trabajo agroecológico ancestral chinampero, la conservación de las especies endémicas emblemáticas de la zona y la **sostenibilidad económica de las personas que trabajan y viven de la chinampa**.

En este proyecto, cuya línea de atención se focaliza en problemas ecosistémicos del ANP ubicada en la alcaldía de Xochimilco, Ciudad de México, específicamente, aquellos relacionados con la producción alimentaria sostenible. Se presenta la propuesta de **diseño de una Etiqueta Ecológica**, denominada, de ahora en adelante: “**Etiqueta Chinampera**” (ECHI). Mediante la creación de este distintivo se podrá avalar **la calidad de los productos chinamperos** (específicamente hortalizas), así como **las prácticas agrícolas ancestrales** (la chinampería) y **la conservación de la biodiversidad nativa**, como el axolote (*Ambystoma mexicanum*), ofreciendo información y certeza a las y los consumidores sobre el origen y métodos de producción de los productos chinamperos.

Este esfuerzo colectivo es la plataforma base para la toma de decisiones en torno a la implementación y puesta en marcha del programa de la ECHI. Se trabajó en distintas dimensiones:

- 1 **Financiera:** la cual estudió la viabilidad y factibilidad económica de la Etiqueta Chinampera para la comercialización
- 2 **Socioecosistémica:** en la cual se analizaron las interacciones sociales y ecosistémicas chinampería-humedal-comunidad y permitió observar y sistematizar cómo están estructuradas las redes sociales, comunitarias y ambientales del humedal
- 3 **Alimentaria:** en la cual se analizaron los insumos primarios de la producción chinampera, es decir las hortalizas, enfocando este estudio en la palatabilidad (calidad de ser grato al paladar un alimento) y caracterización microbiológica (solo en lechugas) de las mismas

Luis Zambrano González

## Tratamiento y reúso *in situ* de aguas residuales en espacios públicos culturales, educativos, deportivos y de servicios de la Ciudad de México mediante procesos biológicos y electroquímicos, en módulos tubulares compactos y de bajo costo

FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNAM, UNIVERSIDAD DE QUERÉTARO Y CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA, CIDETEQ

Se diseñó, construyó e instaló un sistema descentralizado de **tratamiento de aguas residuales** en el barrio de San Lorenzo Xochimilco capaz de tratar 28 m<sup>3</sup>/d de agua de los canales. Esta instalación está basada en la tecnología denominada Reactor Biológico Tubular (RBT), permitiendo tener información positiva del desempeño de prototipo en una situación real para el tratamiento de agua del canal. Con ello, se han sentado las bases de un sistema que permitirá el tratamiento de agua residual de una forma novedosa, compacta y de bajo costo, a pequeña escala e *in situ*.



Tratamiento de aguas mediante procesos biológicos y electroquímicos, en módulos tubulares compactos y de bajo costo



Sistema descentralizado de tratamiento de aguas residuales, ubicado en el barrio de San Lorenzo Xochimilco

Durante el desarrollo de proyecto se generaron recursos humanos especializados en temas de tratamiento mediante seis tesis de licenciatura, así también se generaron publicaciones en conjunto con la Universidad Autónoma de Querétaro y el Cideteq; se ganó el primer lugar del **Premio Rotoplas-Fundación UNAM 2022** (categoría Licenciatura), que promueve y reconoce la investigación y la innovación en materia de tratamiento de aguas, la tecnología cuenta con una patente aprobada “Sistema tubular de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, con biopelículas soportadas en cartuchos de fibras de materiales no tejidos”. Asimismo, se obtuvo el **premio Innovation for Sustainable Water**, que otorga la empresa Rotoplas, en conjunto con el Consejo de Desarrollo de Tijuana y Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia, por el trabajo Sistemas de tratamiento y reúso de aguas residuales.

El desarrollo tecnológico presentado se puede clasificar internacionalmente como una **pequeña planta de tratamiento de aguas residuales** SWWTP (por sus siglas en inglés: *Small Wastewater Treatment Plants*). Las pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales tienen una función importante en la gestión de la calidad del agua en las áreas locales por lo cual son objeto de estudio a nivel mundial.

Con la implementación de esta tecnología en diferentes puntos donde se detecten descargas de aguas residuales, **se podrá contribuir al saneamiento de efluentes contaminados**, además, el sistema es modular y se puede utilizar en ciudades donde los requisitos de espacio son limitados o en áreas rurales donde no existe infraestructura.

Alfonso Duran Moreno

## Mejoramiento de los procesos de potabilización y tratamiento de agua residual y uso de tecnologías descentralizadas en los 21 proyectos de regularización como estrategia auxiliar para el aseguramiento hídrico del Río Magdalena

INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM Y FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UAEM

Con el objeto de abastecer de agua a la población de la zona y paralelamente, reducir la contaminación del agua residual, el gobierno local cuenta con dos plantas potabilizadoras (PP1 y PP2) y una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), infraestructura que impacta directamente sobre la gestión del Río Magdalena.

El proyecto planteó el aseguramiento hídrico para el río mediante dos líneas de acción; la primera, proponiendo mejoras en los procesos operativos de las PP y la PTAR. La segunda, introduciendo tecnologías descentralizadas para abastecimiento (mediante el uso de sistemas de captación de agua de lluvia y su potabilización) y el saneamiento a través de humedales artificiales, en particu-



Aprovechamiento de agua de lluvia en la Ladera de Sayula, Lindero de la Cañada y Cazulco-Ocotenco

lar en los asentamientos consolidados de la Alcaldía donde, por economía de escala, existen dificultades tanto de abastecimiento a la población como de un saneamiento integral, **buscando un impacto ambiental positivo del entorno ecológico y de los habitantes de la zona.**

Los resultados más sobresalientes del proyecto fueron la propuesta de **cam-bios en la filosofía de operación** en las plantas potabilizadoras y el trabajo sobre conceptos de eficiencia energética. Para evaluar su desempeño y el cumplimiento de la normatividad, se ajustaron dos Índices de Calidad (ICA, Canadiense y Stoner), se evaluaron la Distribución del Tamaño de Partícula y el potencial redox, como herramientas de toma de decisiones, lo que permitió establecer las necesidades de cambio en la operatividad del proceso de desinfección, considerada como la etapa más crítica en ambas PP. Además, se determinó que la principal estrategia de operación en el mejoramiento en la eficiencia energética de las PP puede lograrse mediante el restablecimiento de los sistemas de automatización y control dando mantenimiento preventivo y correctivo; en el caso de la PTAR, se requiere la implementación de un soplador de aire con variador de frecuencia para permitir una operación a carga baja junto con la implementación de sistemas fotovoltaicos desde el punto de vista de consumo de energía primaria.

La estrategia de saneamiento descentralizado se basó en la implementación de un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial de manera demostrativa e instalado en el Foro Cultural de la Alcaldía, el cual garantizará un reúso seguro en el riego de áreas verdes o lavado de áreas comunes (pasillos, edificaciones, entre otras); además, con su implementación, se mejora el entorno paisajístico y educativo en términos ambientales.

Finalmente, con relación al uso de tecnologías de abastecimiento, este se centró en el análisis para el **aprovechamiento de agua de lluvia** en tres zonas (Ladera de Sayula, Lindero de la Cañada y Cazulco-Ocotenco) el cual mediante una herramienta computacional desarrollada para la alcaldía, se determinó el volumen de, así como su sistema de potabilización basado en un prototipo para casa habitación.

Para dar garantía al cálculo del sistema de captación de agua de lluvia, se utilizaron dos métodos basados en comportamiento conocidos como *Yield After Spillage* o *Yield Before Spillage* (YAS y YBS, por sus siglas en inglés) respectivamente. Las metodologías empleadas en el proyecto podrían duplicarse para toda la Alcaldía en donde se requiera implementar los SCALL, en el cual solo tendrá que definir el área del techo, la cantidad de agua que se quiera abastecer y el número de personas por vivienda; la **metodología desarrollada podrá servir de base para otras zonas con características similares.**

Alma Chávez Mejía, Bernd Weber, Ulises Molina Valencia, Ingrid Elizabeth Ruiz Velázquez, José Luis López López, Vanessa Guadalupe Martínez López, Rafael Magaña López y María Dolores Duran García



## Plan de identificación y definición de los requerimientos técnicos para el aprovechamiento del agua de lluvia en sus cauces naturales y presas artificiales para suministro de agua potable a la Ciudad de México: ALLENCA

INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM Y ESIME-UNIDAD CULHUACÁN DEL IPN

Como apoyo a la insuficiente cantidad de agua potable que se distribuye en la Ciudad de México, en este proyecto se propone **incorporar la mayor cantidad posible del caudal de agua de lluvia** que escurre de las zonas montañosas que rodean a la ciudad, las cuales forman ríos que, en la temporada de lluvias ocasionan las frecuentes inundaciones de la ciudad.

Actualmente, Sacmex las controla mediante presas que trabajan como vasos reguladores de volúmenes excedentes de agua que se presentan cuando ocurren tormentas en la zona, almacenando de manera temporal el agua pluvial, para ser descargada al sistema de drenaje, sin usarse.

En ALLENCA, los resultados del estudio realizado permiten **proponer un proyecto de modelos de planta potabilizadora** para las presas Tacubaya, Becerra “C”, Mixcoac, Tarango y Texcalatlaco ubicadas en la zona poniente de la ciudad de México, que podrían adaptarse a un mayor número de microcuencas de la ciudad. Además, se realizó el estudio en la Laguna de Xico, que presenta retos mayores para su ejecución. **Con sólo estas cinco presas, se puede suministrar a la ciudad un promedio de mil L/s**, al inicio de la temporada de lluvias el caudal sumado se acerca a 500 L/s de las cinco presas, va ascendiendo en junio, hasta



Toma de muestras en la Laguna de Xico



Se realizó el muestreo, encontrado enormes cantidades de basura y descargas de aguas residuales domiciliarias en las orillas de las microcuencas

llegar un máximo de 1,500 L/s en julio y mantiene un caudal importante en agosto septiembre entre 1,400 y 1,200 L/s para disminuir a poco menos de 500 L/s en octubre.

Se delimitaron las microcuencas de los cinco ríos y la laguna, se obtuvo el área, perímetro, forma, alcance de corrientes y declives, se calculó la precipitación correspondiente a los promedios anuales y mensuales con un periodo de retorno de 20 años, se determinaron los caudales que se concentran en las presas en los meses de mayo a octubre y se definieron tres modelos con funcionamiento conforme se presenta la temporada de lluvias.

Se realizó el muestreo, encontrado **enormes cantidades de basura y descargas de aguas residuales domiciliarias en las orillas de las microcuencas**, por lo que las pruebas de tratabilidad obligaron a incrementar las operaciones unitarias hasta lograr la potabilización del agua, conforme la norma de agua potable NOM-127-SSA1-2021 y **poder abastecer la red de agua potable con el agua potabilizada durante los meses de lluvia** que posibiliten una reducción en la dotación del sistema Cutzamala, con un ahorro energético y mejor manejo de agua en sus presas para periodo de estiaje y, en caso de contar con presas llenas, una reducción en la sobreexplotación del agua subterránea durante la temporada de lluvias.

Ana Elisa Silva Martínez, Eduardo Vega González, Ramón Cortés Bazán, Catalina Ferat Toscano, Aydee Fernanda Rivera Lima, Laura Elena Moreno Rivera, María Saraí Rojas Sandoval, Misael Ramírez Lozano, Magdalena Valentina Hernández Luna, Juan Carlos García Caballero, Cynthia Guadalupe Luna Cruz, Francisco Javier Cruz Guzmán, Rosario de los Ángeles Vega Silva, Miguel Agustín Del Valle Vega, Fermín Alberto Del Valle Vega, Pedro Hernández Segovia, José Luis Izquierdo Martínez y Ángel Deodato Velázquez Reyes

## Propuesta para la recuperación hídrica en los pedregales del Xitle y cuenca del Río Magdalena en sitios de Interés geopatrimonial

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UNAM

El objetivo de este proyecto fue el diagnóstico y conservación de la cuenca del Río Magdalena y pedregales del Xitle por su importancia hídrica, geológica y cultural. Uno de los grandes logros del proyecto fue el trabajo integrado entre 10 académicos, 14 estudiantes y las comunidades. Para ello, se llevó a cabo un intenso trabajo de campo y laboratorio, así como seminarios semanales entre todo el grupo para ver avances.

Se realizó el muestreo y análisis químico del agua del Río Magdalena en la parte alta, media y baja para conocer la calidad del agua. Además, se estudió su morfología.

La calidad del agua en la parte alta es buena. Las concentraciones de nitrógeno y fosfato son adecuadas, y el contenido de bacterias es bajo. A partir del tercer dinamo (parte media), la calidad del agua empieza a deteriorarse incrementando su contenido de nitratos y conteo bacteriano. La parte baja, correspondiente a la zona urbana del río, está fuertemente contaminada, registrando los valores más altos de nitrógeno (4.31 mg/L) y de conteo bacteriano, así como una baja concentración de fosfatos que indican la entrada de materia orgánica abundante.



Muestreo y análisis químico del agua del Río Magdalena



Actividades con las comunidades para fomentar la identidad y conservación del ecosistema y geopatrimonio de los pedregales del Xitle y del río Magdalena

Se construyeron humedales demostrativos en la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (UNAM) y en el Foro Cultural de la Alcaldía Magdalena Contreras para el tratamiento del agua contaminada. También se obtuvieron resultados de las medidas de infiltración de agua en el área que muestran el impacto que ha tenido el uso de cemento en el área y sobreexplotación, que ha reducido la recarga del acuífero.

Se hizo una evaluación preliminar de los **sitios de interés geopatrimonial** que se encuentran en la zona suroeste de la Ciudad de México.

Se realizaron actividades con las comunidades para **fomentar la identidad y conservación del ecosistema y geopatrimonio de los pedregales del Xitle y del río Magdalena**. Se llevaron a cabo varios talleres y se elaboraron 22 infografías, 29 videos, una publicación y una página de Facebook donde se muestran los resultados obtenidos.

Martin Del Pozzo A.L., Rodríguez E. M., Guerra H. E., Equihua Z. C., Palacio P. J.L., Macías G. C.J., Mazari H. M., Fonseca S. M., Sosa E. R., Cram H. S., Nieto T. A., Paz P. A., Robles C. M., Sandoval G. M., González H. S., Luna C. M., Monfil H. F., Ramírez C. J., Quijada C. D., Reyes R. A., Rodríguez G. G., Equihua M. S., Campos Lince y G. T., Audelo M. N. Responsable técnico: Dra. Ana Lillian Martín del Pozzo

## **Análisis de la eficacia en la remoción de patógenos en efluentes y lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad de México con fines de reúso seguro**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Y UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Este proyecto surgió en el marco de la seguridad hídrica, la salud pública y el desarrollo sustentable ante la inminente necesidad del **tratamiento de aguas residuales para un reúso seguro en la Ciudad de México** y así disminuir tanto la demanda de agua potable como la sobreexplotación de los acuíferos. Para garantizar el aprovechamiento seguro de las aguas tratadas y biosólidos producidos en plantas de tratamiento de aguas residuales, es necesario **garantizar, entre otros parámetros, la inactivación de patógenos, microorganismos capaces de causar enfermedades** si están presentes en cantidad suficiente y en condiciones favorables.

El proyecto, de carácter multidisciplinario, consistió en determinar patógenos y otros contaminantes durante el tratamiento de aguas residuales y lodos de cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de México, que emplean diferentes tecnologías, esto con el fin de identificar las limitaciones de cada una y proponer medidas efectivas de control, **con vista a un reúso seguro del agua tratada y de los biosólidos.**



Planta de tratamiento de aguas residuales Cerro de la Estrella en Iztapalapa



Planta de tratamiento de aguas residuales Cerro de la Estrella en Iztapalapa

Los análisis de parámetros fisicoquímicos mostraron que los tratamientos de aguas residuales en las plantas de la Ciudad de México son eficaces, de acuerdo a las normas oficiales mexicanas, en la eliminación de contaminantes convencionales. Sin embargo, los análisis microbiológicos mostraron que los tratamientos si bien son eficaces en la eliminación de huevos de helminto, **no lo son totalmente para los coliformes (*E. coli*)** salvo en una planta de tratamiento, ya que se encuentran por encima del límite permitido por la normativa para reúso.

El análisis de contaminantes no contemplados en las normas sirvió para detectar otros patógenos oportunistas como *Arcobacter cryaerophilus* y *Aeromonas caviae*, además de genes de resistencia a antibióticos como Sul1 y OXA-10, así como antibióticos como ceftriaxona y vancomicina. Adicionalmente, frente a la pandemia por la Covid-19, se realizaron ajustes en el protocolo del proyecto **para cuantificar fragmentos de SARS-CoV-2**, con ello se demostró que las aguas residuales crudas son una valiosa fuente de información epidemiológica y que las plantas de tratamiento tuvieron la capacidad de eliminar los fragmentos de este virus.

A la fecha se continúa analizando los datos obtenidos para **identificar patógenos potenciales y bacterias resistentes a antibióticos en agua tratada y lodo**. A partir de estos datos se pretende hacer propuestas de modificación y ajustes a las normas mexicanas, además de realizar investigaciones a largo plazo.

Adalberto Noyola Robles, José Félix Aguirre Garrido, Ulises Rojas Zamora, Juan Manuel Morgan Sagastume, Daniel de los Cobos Vasconcelos, Margarita Cisneros Ortiz, Yovany Cuetero Martínez, Aarón Flores Ramírez, Karen Natalia Villamizar Ojeda, Natalia Rodríguez Salazar, Haití Aixa Islas Pérez Negrón, Alondra Ibáñez Dávila, Bianca Guadalupe Valencia González y Margarita Jazmín Hernández Santiago

## Manejo de cuerpos de agua por métodos biológicos, para el control y eliminación de gases tóxicos, derivados de la degradación anaerobia de materia orgánica

BIONUVIA A.C. E INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Los vecinos de la Alcaldía Coyoacán, a través de una demanda ciudadana, alertaron de malos olores en el Río Magdalena. Este caso deriva de la **degradación de materia orgánica por microorganismos anaerobios**, productores de amoníaco, metano y sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ); este último es el principal causante de los malos olores (que se percibe como “huevo podrido”) y puede ser perceptible aún en muy bajas concentraciones. **Dichos gases provocan además afectaciones que pueden derivar en riesgos a la salud.** Estos gases no se eliminan por tratamiento anaerobio, que constituye el principal tipo de tratamiento en plantas de aguas residuales, tanto en la Ciudad de México, como en el resto del país.

BIONUVIA y el Instituto Politécnico Nacional **desarrollaron tecnología biológica que permitió demostrar el control y supresión de los gases causantes de malos olores**, tanto en condiciones de laboratorio, como en los propios cuerpos



Tecnología biológica que permitió controlar y suprimir los gases causantes de malos olores



Se analizaron muestras ambientales de sedimentos, agua y lodos de diferentes partes del país

de agua de tres áreas de severa contaminación. **Se analizaron muestras ambientales de sedimentos, agua y lodos de centenares de sitios de todo el país.** Tres microorganismos fueron seleccionados, incluido un *Bacillus esporulado*, una bacteria gramnegativa y una microalga. **Los microorganismos actúan en forma sinérgica, con o sin aireación, y suprimen en 90% la presencia de gases generadores de mal olor.**

Se demostró con diferentes sistemas de prueba, inoculados con las cepas de microorganismos seleccionados **una clara disminución de metano, amoníaco y sulfuro de hidrógeno, a niveles inferiores al límite de detección del olor.** El tratamiento también mejoró la calidad del agua, reduciendo la materia orgánica; abatiendo la Demanda Química del Oxígeno (DQO) e incrementando el oxígeno disuelto.

**La tecnología se demostró exitosamente en pozas tanto en el Río Magdalena como en los canales del Parque Ecológico de Xochimilco.**

Sergio Rubén Trejo Estrada



## Eliminación de los contaminantes presentes en el agua de la Alcaldía de Iztapalapa

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD IZTAPALAPA

Debido a que entre el 70% y 80% del agua que se distribuye en la Alcaldía Iztapalapa proviene de pozos subterráneos, la coloración rojiza o parduzca del agua se debe a la oxidación de los iones hierro y manganeso. En el agua subterránea, estos iones se encuentran en su forma soluble Mn (II) y Fe (II). Sin embargo, la exposición al oxígeno y la posterior cloración hacen que estas formas solubles precipiten a sus formas Fe (III) y Mn (IV) mediante oxidación, provocando el característico sabor amargo o metálico y el color parduzco a rojizo del agua de la Alcaldía.

De acuerdo con la norma mexicana para el agua potable (NOM-127-SSA1-2021), las concentraciones por encima del límite permisible de hierro y manganeso originan problemas de origen estético como mal olor, color marrón y sabor desagradables, así como la reducción en la presión del flujo debido a la acumulación en las tuberías, calentadores, regaderas, etc. Aunque se considera que el manganeso no tiene repercusiones en la salud en concentraciones menores a 0.15 mg/L, cantidades mayores producen neurotoxicidad, efectos neurológicos como el Parkinson y envenenamiento por manganeso. Debido a lo anterior, la remoción de este metal se hace de vital importancia para evitar riesgos técnicos y especialmente de salud.

El uso de zeolitas es una opción de bajo costo al ser adsorbentes naturales muy fáciles de encontrar en la naturaleza, siendo la más abundante en la naturaleza la clinoptilolita de allí que son ampliamente utilizadas en el tratamiento de aguas contaminadas. Adicionalmente se ha encontrado que modificando su superficie podrá remover el manganeso, el hierro y el arsénico.

De acuerdo con lo anterior, se diseñó un tren de tratamiento consistente en una zeolita natural, otra modificada químicamente y, finalmente, carbón activo. El estudio nos muestra que existe un mayor porcentaje de remoción a pH de 9, con un porcentaje de remoción en la zeolita recubierta con óxidos de manganeso del 99% y el de la zeolita natural del 94%, mostrando que por cada gramo de zeolita se adsorben 19.78 mg de manganeso y remociones mayores al 90% de los otros metales contaminantes, generando, por lo tanto, agua adecuada para el uso cotidiano para los habitantes de la Alcaldía Iztapalapa.

Judith María de Lourdes  
Cardoso Martínez

Filtro para remover metales de la red de agua potable de la Alcaldía Iztapalapa



## Monitoreo, análisis de la calidad de agua pluvial filtrada y educación ambiental en escuelas públicas de la Ciudad de México

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS DEL IPN

Este proyecto se basó en la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia y monitoreo de la calidad del agua en escuelas de nivel básico que carecen de suministro constante de la red de agua potable pública. En las Escuelas Primarias Andrés Iduarte y Profr. Rafael Molina Betancourt, en el norte de la Ciudad de México, se instalaron sistemas de captación, impermeabilización, canaletas, filtros y sistemas de almacenamiento de agua de lluvia.



Sistema de captación de agua de lluvia en escuelas de nivel básico

Para los sistemas de captación se instaló una membrana TPO, que cumple con los requisitos de bajas emisiones para agua de consumo humano en las dos escuelas. En cada escuela se instalaron cuatro filtros, los cuales se desarrollaron en el grupo de trabajo (Filtro X) y ha demostrado tener un gran desempeño con el tiempo en mantener parámetros de calidad del agua. En la escuela primaria Andrés Iduarte, se instaló una bomba de agua y se hizo la instalación hidráulica para poder llevar el agua capturada y tratada en los tinacos hasta la cisterna de la escuela. En el sur de la Ciudad, se evaluó el estado de los sistemas de captación de agua de lluvia previamente instalados. En la escuela secundaria técnica 195 Tlamachiapan se apoyó en retirar la membrana

que causó daños en la infraestructura del edificio. En la escuela secundaria 281 Tlacotalpan se reparó la membrana previamente instalada.

Se realizó la instrumentación electrónica del sistema de monitorización denominado **Sistema Integral de Monitoreo Remoto de Calidad de Agua SIMCA**. Adicionalmente se creó un algoritmo para el manejo de datos y se trabajó en la presentación de resultados en la plataforma. Se publicó el libro titulado *Aprendiendo sobre el agua, la lluvia y su aprovechamiento*, el cual incluye ejercicios que los niños puedan hacer, sistemas de filtrado básicos y otros experimentos, que a la vez que resalten la importancia de este vital líquido, fomenten en los niños el interés en la ciencia y la tecnología. Como parte de este proyecto también se impartieron pláticas en las escuelas y al público en general sobre la importancia de contar, no solo con agua, sino con agua de calidad.

Mario Fidel García Sánchez

## **Estrategia para la gestión integral de cuencas en la Ciudad de México mediante la valoración socio-económica de servicios ambientales hidrológicos y su distribución espacial: Estudio de caso cuenca del Río Magdalena**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNAM

La Ciudad de México enfrenta problemas complejos relacionados con el abastecimiento de agua potable, lo cual ha traído afectaciones socioambientales a diversas escalas espaciales y temporales. El objetivo de este proyecto fue **elaborar una estrategia de gestión integral de cuencas** utilizando como caso de estudio a la cuenca del Río Magdalena por ser una zona bien conservada y el abastecimiento de agua superficial más importante de la ciudad. Este proyecto propone un **modelo de gestión ambiental** que integre el conocimiento científico de factores biofísicos con las perspectivas sociales de los habitantes de la localidad.

El proyecto se dividió en 4 secciones:

- 1 Caracterización del socioecosistema:** para ello se realizó un análisis y síntesis de la información científica que se ha generado en el área en los últimos 15 años. Se dividió la zona en tres polígonos de acuerdo con los principales usos: conservación, recreación y urbano; en cada una de estas zonas se describen las características más relevantes de clima, suelo, geología, vegetación, hidrología, los actores sociales involucrados y los principales programas y políticas públicas aplicados.
- 2 Valoración integral de servicios ambientales:** provisión de agua, regulación del control de erosión y mantenimiento del suelo; belleza escénica y manejo integral de la cuenca.
- 3 Estructura de la Estrategia:** se determinaron los principales problemas para la cuenca del Río Magdalena, diferenciados por zonas. Estos problemas fueron alineados a ejes estratégicos, metas y líneas de acción con la finalidad de encontrar soluciones puntuales para cada uno de ellos. Los principales problemas para la zona alta son: incendios, ganado no controlado y el muérdago. Para la zona media: uso irresponsable de las riberas, mal manejo de residuos y la falta de planeación de las actividades turísticas. Por último, para la zona baja: contaminación del río, desdoblamiento de asentamientos irregulares y la falta de gobernanza institucional y continuidad.
- 4 La estrategia ESMAG** está compuesta jerárquicamente por cinco ejes, 10 metas y 23 líneas de acción. Toda la propuesta está alineada tanto a los diversos instrumentos jurídicos, normativos y de política nacional, como a los diversos esquemas de cooperación internacional; además de identificar a los actores sociales con atribuciones para el éxito de las metas planteadas.

Lucía Oralia Almeida Leñero, Julieta Jujnovsky y Monserrat Moysen

## Implementación de herramientas diagnósticas para la identificación de patógenos que comprometen la salud de animales silvestres bajo cuidado humano en la Ciudad de México

LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO MÉDICO VETERINARIO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE ZOOLOGICOS Y CONSERVACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE

Se estableció el diagnóstico mediante la técnica de PCR para *Leptospiraspp*, *Toxoplasma gondii* y *Chlamydia spp*, **patógenos comunes en mamíferos y aves con potencial zoonótico**; así como la detección de *Cryptosporidium spp* en los reptiles, **un parásito que cada vez se manifiesta con mayor frecuencia en especies bajo cuidado humano**; y de *Batrachochytrium spp*, **un hongo que puede causar enfermedad y una disminución de poblaciones en cientos de especies de anfibios**.

Al contar con este diagnóstico molecular se establecen **modelos de conservación para las especies bajo cuidado humano**, a bajo costo y en menor tiempo se emite un diagnóstico certero. Los logros tecnológicos que se tuvieron fue el realizar la **transferencia de las tecnologías desarrolladas** al Laboratorio de Diagnóstico Médico Veterinario de la Dirección General de Zoológicos y Conservación de la Fauna Silvestre (DGZCFS) de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México.

Al implementar estas técnicas de diagnóstico en cinco enfermedades que son consideradas de importancia para la fauna silvestre que habita bajo cuidado profesional en los zoológicos de la Ciudad de México, se establecen **mejores estrategias para la prevención y el control de enfermedades de alto impacto en la fauna silvestre** y con ello, contribuimos a la conservación de estas especies.

Al ampliar los **servicios de diagnóstico veterinario** se hace más eficiente la detección de patógenos comunes a distintas especies y que, en animales silvestres, pueden provocar cuadros clínicos que, de no ser tratados a tiempo pueden ser fatales. **Se puede solicitar el servicio de diagnóstico** en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID SAI) y en el Laboratorio de Diagnóstico Médico Veterinario de la DGZCFS. Cualquier laboratorio que este equipado en técnicas moleculares y esté interesado en el diagnóstico de enfermedades en fauna silvestre puede adoptar estas tecnologías.

Erika Gabriela Palomares Reséndiz



## **Estudios para la conservación de la biodiversidad en la Ciudad de México: Ajolote de Arroyo de Montaña (*Ambystoma altamirani*) como especie sombrilla para la protección de los ecosistemas y los beneficios que proveen**

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS Y ACUÍCOLAS DE CUEMANCO, CIBAC

Los ajolotes son anfibios originarios de Norteamérica, siempre han causado fascinación en aquellos que los conocen por primera vez. El más famoso en todo el mundo es el **ajolote mexicano** o *Ambystoma mexicanum* convertido ahora en una especie microendémica catalogada en peligro de extinción que habita en los remanentes del lago de Xochimilco.

Pero en la Ciudad de México existe otro ajolote que habita en las sierras del poniente, en los fríos arroyos que bajan de las montañas, de ahí proviene su nombre: **ajolote de arroyo de montaña**, *Ambystoma altamirani*. Es un ajolote pequeño, de no más de 17 cm, el color de su piel es oscuro con manchas pardas o amarillas que le ayuda a confundirse con el fondo de los arroyos.



Ajolote de arroyo de montaña, *Ambystoma altamirani*

A diferencia del ajolote mexicano, **el ajolote de arroyo de montaña abandona los arroyos en su etapa adulta**. Para esto, debe realizar una metamorfosis, para poder pasar del agua a la tierra, sus branquias y el pliegue de la cola se reabsorben porque ya no le serán útiles para respirar y nadar en el agua, sus pulmones se desarrollarán más y **su cuerpo adelgaza para poder caminar más rápido en la tierra**.

Durante la temporada de reproducción **los machos y las hembras vuelven a los arroyos, las hembras depositan sus huevos en una masa gelatinosa que dejan adherida a rocas o plantas**. Durante su etapa de larva se alimentan de pequeños animales acuáticos, de adultos consumen presas más grandes como insectos.

Este ajolote, poco conocido por las y los capitalinos, también se encuentra en peligro de extinción. La creciente demanda de recursos naturales que ejerce la Ciudad de México, principalmente el agua, afecta no solo a los ajolotes de arroyo de montaña y a sus arroyos, si no a todo el ecosistema, a toda la flora y la fauna con las que comparten hábitat.

Con el apoyo de la Sectei, la UAM Xochimilco y la Sedema realizaron diversos estudios que nos han permitido saber aproximadamente cuántos ajolotes habitan en los arroyos Santo Desierto, en el Parque Nacional Desierto de los Leones, y Las Regaderas-Monte Alegre, en la alcaldía Magdalena Contreras, **cuáles son las principales amenazas a las que se enfrentan y cuáles son las acciones que podemos realizar para poder proteger a este ajolote**, a todo su ecosistema y ampliar el conocimiento entorno a los recursos naturales que benefician a nuestra ciudad.

Actualmente es posible conocer al ajolote de montaña, visítalos en la unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre **El Pantano, en el Parque Nacional Desierto de los Leones**.

José Antonio Ocampo Cervantes

## Uso eficiente de la energía en agua, electromovilidad y residuos urbanos

INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM

El tema principal de este proyecto es el **uso eficiente de la energía y la optimización de su consumo durante el desarrollo de algún proceso para obtener un producto o servicio**. Dentro de los ámbitos de aplicación de la eficiencia energética encontramos temas de gran importancia para cualquier urbe, como es la Ciudad de México, donde **el agua, la electromovilidad y la gestión de residuos sólidos urbanos** merecen una atención especial. En todas las actividades relacionadas a los temas antes citados, es necesario realizar el ajuste del consumo de la energía de acuerdo con las necesidades reales, implementando mecanismos de ahorro y para evitar pérdidas en dichos procesos.

La eficiencia energética puede ser alcanzada implementando **hábitos responsables, modelos de gestión sostenibles**, así como **inversiones en innovación tecnológica**. En este sentido se llevaron a cabo tres seminarios en las instalaciones del Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica CDIT Vallejo-i sobre la eficiencia energética en: **distribución de agua, electromovilidad y reciclaje de desechos urbanos**.



Seminario sobre eficiencia energética en las instalaciones del CDIT Vallejo-i



Seminario sobre eficiencia energética en las instalaciones del CDIT Vallejo-i

Los seminarios sirvieron como un escenario para la divulgación de información, y de preparación para el personal de diferentes dependencias del Gobierno de la Ciudad de México. En los seminarios se **buscó la generación de ideas que contribuyeran a la creación y/o mejoramiento de políticas públicas**, pero también, que fuesen un espacio de divulgación de los resultados obtenidos hasta el momento en proyectos relacionados con estos temas desarrollados en la Ciudad de México.

Como resultado de los seminarios se creó un espacio virtual en cada uno de los temas, con materiales audiovisuales (videos e infografías), así como cursos de capacitación y evaluación, los cuales son de acceso libre en: [useficiantedeenergias23.github.io/eficienciaEnergetica](https://useficiantedeenergias23.github.io/eficienciaEnergetica) y están disponibles para el público en general.

Los temas desarrollados en los seminarios no fueron posibles sin el apoyo y participación de estudiantes y académicos de la UACM, UAM, IPN, UNAM, Universidad Politécnica de Pachuca, Instituto Tecnológico de Aguascalientes y la Universidad Veracruzana; personal del gobierno de la Ciudad de México, CONAHCYT, SEMARNAT y estatales (Estado de México, Hidalgo y Guerrero). También se contó con la participación de personal de diversas empresas y público en general.

Luis Agustín Álvarez-Icaza Longoria, Luis Alberto Canales Meza  
y Donaji Velasco Arias





# EDUCACIÓN

Mtro. Uladimir Valdez Pereznuñez  
COORDINADOR

Este eje promueve la atención a las causas del abandono escolar, busca mejorar la calidad educativa, ampliar su cobertura, aumentar la eficiencia terminal y fortalecer el papel de las distintas instituciones en el diseño de política pública en la materia.

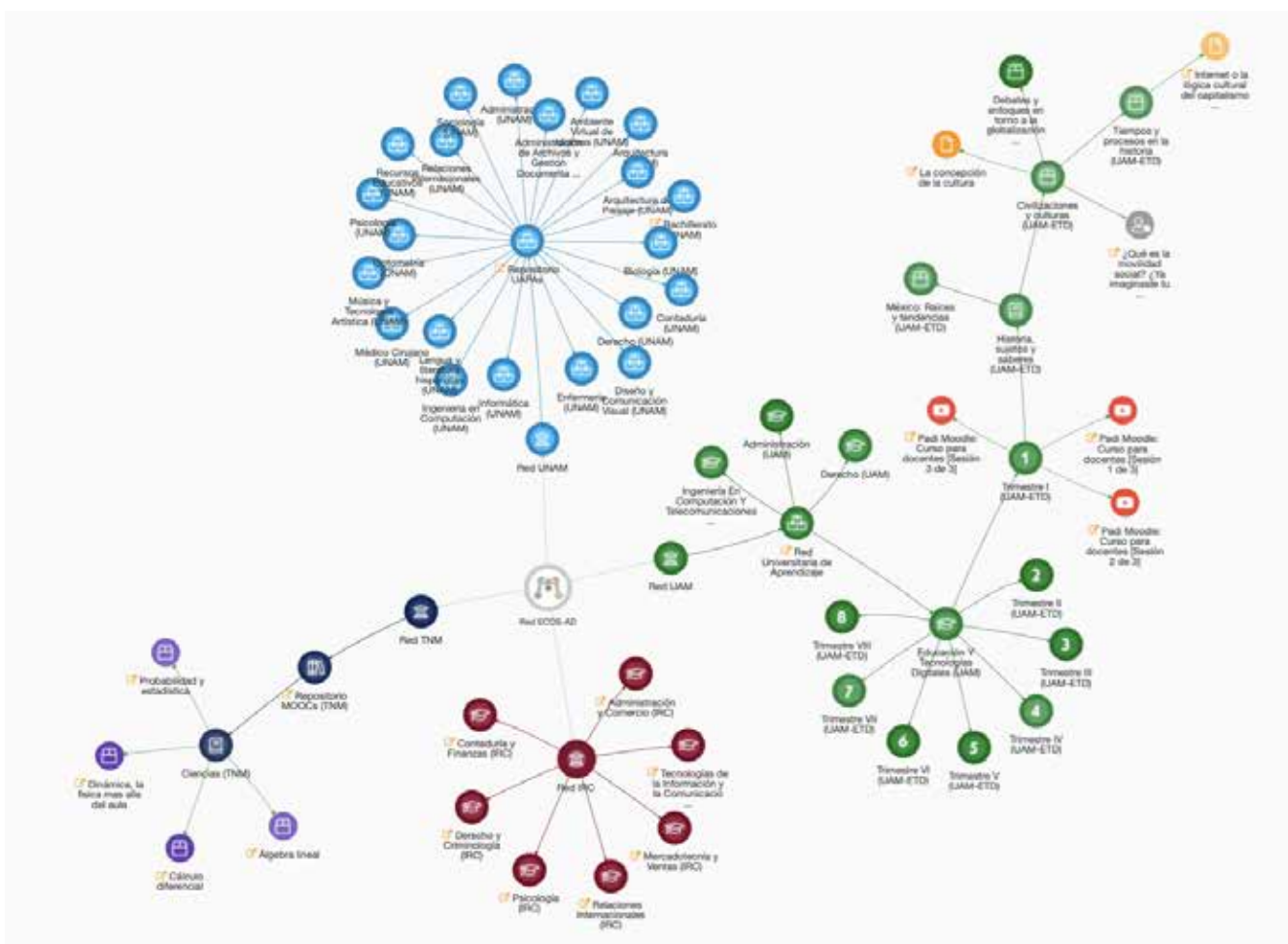
En este marco de colaboración, se han respaldado proyectos para el desarrollo de materiales educativos digitales que optimizan el proceso de aprendizaje de las y los jóvenes estudiantes. En primer lugar, con la creación de cápsulas de video que abordan el impacto de la actividad humana en el medio ambiente y, en segunda instancia, mediante la creación de un ecosistema de aprendizaje diseñado para almacenar y distribuir contenidos educativos, promoviendo así la interacción de participantes de diversos sectores sociales.



## Plataforma ECOS-AD: Plataforma del ECOSistema para educación en Ambientes Digitales

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

El presente proyecto pone a la disposición de las Instituciones de Educación Superior que así lo deseen, la posibilidad de **publicar objetos de aprendizaje que podrán ser usados y reusados en función de las necesidades individuales de las y los docentes**. Pueden verse las contribuciones de las Instituciones de Educación Superior, como se muestra en la siguiente figura.



Sistema ECOS-AD con cuatro Instituciones que aportan contenido

El objetivo general de este proyecto es crear una plataforma alrededor de la cual se gestione un ecosistema digital educativo para el aprendizaje, donde interactúen de manera colaborativa diversidad de miembros de la academia, los diferentes órdenes de gobierno (local, estatal y federal), el sector empresarial

(todos los sectores) y la sociedad civil en su conjunto, incluida la ciudadanía sin distinción (en especial de grupos vulnerados).

Es importante mencionar que los contenidos pueden ser ubicados de acuerdo con una serie de metadatos que éstos poseen. **Los metadatos pueden ser ingresados con el fin de encontrar contenidos que a las y los usuarios le interesen.**

El empleo de plataformas de aprendizaje como apoyo a la docencia presencial en la UAM ha sido un factor común desde siempre, sin embargo, no se ha logrado innovar por completo. **Se pretende que la comunidad académica y estudiantil logren un mejor aprovechamiento de las herramientas digitales** que la institución pone al alcance de su comunidad.

La idea con ECOS-AD, que significa **Ecosistema en Ambientes Digitales**, consiste en que las y los usuarios, tanto docentes como estudiantes, puedan tener **acceso a contenidos digitales creados por terceros** los cuales están almacenados en la plataforma y de esta manera pueden ser aprovechados por quienes los requieren. ECOS-AD está lista para recibir y distribuir contenidos de aprendizaje, e iniciar el trabajo de compartir contenidos en los objetos de aprendizaje en red.

Eduardo Peñalosa Castro y Max de Mendizábal

## Antropoceno. Evolución y cambio climático

### TV UNAM

En 2022 TV UNAM propuso producir materiales audiovisuales (cápsulas) que dieran cuenta de cómo, gracias al conocimiento científico, podemos comprender y valorar la diversidad de la que formamos parte y de las actividades humanas que han impactado en las condiciones medioambientales del planeta, al grado de poner al borde de la extinción gran parte de la fauna y flora actuales.

Para ello, se proyectó realizar seis cápsulas de un estimado de ocho minutos. La serie centra su atención en dos factores o condiciones antagónicas, que han dado lugar a las adaptaciones indispensables para la supervivencia de los organismos. Asimismo, en cómo la aparición y actividades del *Homo sapiens* han modificado el medio ambiente provocando alteraciones que han costado la pérdida de la biodiversidad.

Con el apoyo de Sectei, se realizaron cápsulas cuyos contenidos presentan las soluciones que se plantean desde la ciencia para enfrentar los enormes retos ambientales que hoy nos mantienen alerta, reflexionando sobre las acciones que aún podemos hacer para frenar la destrucción de nuestra única casa: la Tierra.





Cápsulas realizadas por tv unam, cuyos contenidos plantean soluciones desde la ciencia, para enfrentar los enormes retos ambientales

Con la producción de las cápsulas, su transmisión y difusión **permitirá mostrar la evolución, biodiversidad, el origen y evolución de la especie humana**, y se dé cuenta de cómo este factor ha sido un transformador de la naturaleza gracias a las actividades humanas. Pero a su vez, dando a conocer las propuestas que la ciencia y la tecnología nos ofrecen para mitigar los efectos del cambio climático.

Jorge Linares y Enrique Herrera

## Bachillerato en Línea Pilares y Bachillerato Policial de la Ciudad de México

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, SECRETARÍA DE SEGURIDAD CIUDADANA Y LA UNIVERSIDAD DE LA POLICÍA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

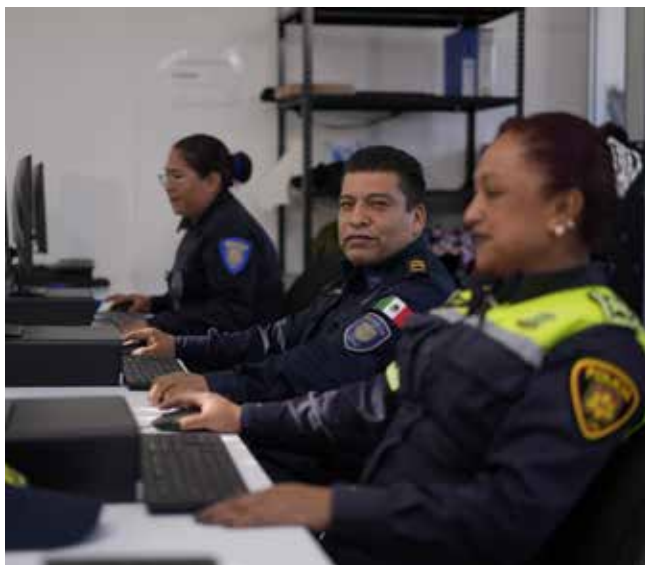
Desde 2007, el Gobierno de la Ciudad de México ha apostado por la educación a distancia como una alternativa flexible para cursar el bachillerato sin necesidad de asistir a centros educativos en horarios fijos. Inicialmente con el Bachillerato a Distancia (BAD) en colaboración con la UNAM, se atendieron más de 18 mil estudiantes, de los cuales egresaron alrededor de cinco mil entre 2009 y 2020, año en que concluyó operaciones el programa. Esta opción educativa fue seguida por el Bachillerato Digital en el 2012, del que egresaron 3,828 personas (cerca de la mitad durante la presente administración), y el Bachillerato CDMX en 2018, dirigido a zonas altamente marginadas como los planteles “José Guadalupe Posada” en el barrio de Tepito y “Tokio” en la colonia Ampliación Malacates; este programa cerró operaciones en 2023.

En la actual administración, la Sectei lanzó dos nuevos programas: el **Bachillerato en Línea Pilares**, abierto a todas las edades; y el **Bachillerato Policial**, diseñado para el personal operativo de la Secretaría de Seguridad Ciudadana. Ambos programas se desarrollaron en colaboración con la UNAM, con un **diseño curricular innovador centrado en las necesidades y desafíos de la Ciudad**.

Estos bachilleratos se imparten en línea, permitiendo a las y los estudiantes **gestionar su tiempo de estudio** según sus compromisos personales y laborales. Además de completar la educación media superior, se enfatiza el desarrollo de habilidades digitales esenciales para el ámbito laboral y cotidiano. **El estudiantado cuenta con apoyo constante por parte de asesores y consejeros en línea para facilitar su aprendizaje.**



Bachillerato en Línea Pilares



Bachillerato Policial de la Ciudad de México

En la operación, ambos bachilleratos se alinean con otro importante programa social del Gobierno de la Ciudad de México: los **Puntos de Innovación, Libertad, Arte, Educación y Saberes (Pilares)**, espacios en los que se brinda **acceso a equipos de cómputo con conexión a internet a las y los estudiantes que no cuentan con esos recursos**, así como asesoría presencial y oferta de actividades formativas complementarias en función de necesidades e intereses particulares.

Hasta julio de 2024, **más de 22,000 estudiantes se han inscrito en estos programas**, destacándose una matrícula equitativa en cuanto a género destaca que el 64% son mujeres y una concentración significativa de la matrícula en las alcaldías Iztapalapa y Gustavo A. Madero. La colaboración con la UNAM asegura la calidad educativa, mediante el **desarrollo e integración tecnología de las asignaturas en línea**, la **formación de docentes y adaptaciones curriculares según las necesidades del entorno**.

Estos programas no solo **contribuyen al abatimiento del rezago educativo**, sino que **también ofrecen una alternativa atractiva para diversos grupos de estudiantes, incluidas personas con necesidades especiales o dedicadas a actividades no convencionales**. El compromiso continúa con la consolidación de estos programas como opciones educativas fundamentales para la Ciudad de México, incluyendo la evaluación y mejora continua de recursos y la vinculación con otras instituciones educativas en línea.

Uladimir Valdez Pereznuñez y Cecilia López Enríquez



## Talleres Sor Juana Inés de la Cruz

AUTORIDAD EDUCATIVA FEDERAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Los Talleres Sor Juana Inés de la Cruz (TSJIC) surgieron como una **respuesta a la necesidad de mejorar el rendimiento académico de las y los estudiantes mexicanos en áreas críticas como matemáticas, lectura y ciencias**, evidenciada por los resultados de pruebas internacionales como PISA (por sus siglas en inglés significa: *Programme for International Student Assessment*) coordinada por la OCDE. Estos talleres buscan **reducir la disparidad educativa ofreciendo al personal docente y estudiantes herramientas prácticas y metodologías activas que fomenten el aprendizaje significativo**.

El objetivo principal de los TSJIC es proporcionar una alternativa práctica para que las y los maestros desarrollen proyectos STEAM en el aula y **promover el trabajo en equipo entre los docentes y la interdisciplinariedad en el salón de clases**. La metodología se basa en enfoques pedagógicos indagatorios y participativos, utilizando *Cuadernos de Aprendizaje Colaborativo* que abordan temáticas como manejo del agua, sismos, pérdida de biodiversidad, deforestación, introducción a la programación y la robótica y manejo de energía desde una perspectiva comunitaria y de sostenibilidad.

Además de los aspectos científicos y tecnológicos, los TSJIC integran **estrategias didácticas para la construcción activa del conocimiento mediante actividades prácticas, experimentos, juegos y proyectos** que fomentan la interdisciplinariedad STEAM. El objetivo es crear un ambiente inclusivo y respetuoso donde cada estudiante participe activamente y se sienta apreciado. Esto se complementa con **apoyo continuo y capacitación remota para los docentes**, asegurando la efectividad de la implementación.

La colaboración con la RED ECOS ha sido crucial al **proporcionar recursos y apoyo a la docencia**, facilitando así la integración de las actividades STEAM en el





Las actividades de los talleres incluyen prácticas, experimentos, juegos y proyectos en áreas como las matemáticas y las ciencias

aula. Esta sinergia no solo mejora las habilidades académicas estudiantiles, sino que también fomenta su interés por carreras STEAM, alineándose con los objetivos de la Agenda 2030 y la Nueva Escuela Mexicana.

La evaluación continua y mejora de los talleres, en colaboración con la RED ECOS, garantizan que los TSJIC se adapten a las necesidades educativas actuales y generen un **impacto positivo en el rendimiento académico y la motivación de las y los estudiantes**. Esta colaboración ha facilitado la participación de un número significativo de escuelas secundarias públicas en la Ciudad de México.

Adicionalmente, se desarrolló la **oferta de posgrado denominada Especialidad en Enseñanza STEAM** coordinada por la Sectei y validada por la Universidad Rosario Castellanos, ampliando así, la oferta profesional derivada de la implementación de los TSJIC. La integración de estas iniciativas ejemplifica cómo las colaboraciones educativas pueden transformar el panorama educativo, **ofreciendo al cuerpo docente y a las y los estudiantes oportunidades de aprendizaje más enriquecedoras y significativas** en áreas esenciales para su desarrollo personal y profesional.

Uladimir Valdez Pereznuñez y Liliana Sánchez Estrada



# SEGURIDAD Y GESTIÓN DE RIESGOS

Dr. Hegel Cortés Miranda  
COORDINADOR

La atención principal de este eje es apoyar la seguridad de las y los habitantes de la Ciudad de México y asegurar su protección ante fenómenos peligrosos.

Para el caso de los disturbios de origen natural, se han apoyado proyectos que buscan ampliar la comprensión del entorno y generar soluciones a la ocurrencia de hundimientos y agrietamientos, un problema que ocurre en la Ciudad de México debido a su característico subsuelo de composición inestable de origen lacustre y que ocasionan daños a toda la infraestructura urbana.

Asimismo, para contribuir a mitigar los efectos de la actividad sísmica en la región, se trabaja en el fortalecimiento de un Sistema de Información Sísmica de la Ciudad de México. Este sistema permite caracterizar los eventos telúricos y generar planes de acción oportunos y mejorar la toma de decisiones.

En el caso de los peligros antropogénicos, se apoyaron distintos proyectos, en primer lugar para la incidencia de los Puntos de Innovación, Libertad, Arte, Educación y Saberes (Pilares) en la generación de capital social positivo y a través de la conformación de redes de paz. Además, se propició un análisis a la iniciativa de mentorías que forma parte de la estrategia de prevención del delito Alto al Fuego, implementada por la Secretaría de Seguridad Ciudadana, lo que permitió determinar su impacto y proponer recomendaciones, como la incorporación de ayuda psicológica a las personas afectadas. Por último, se respaldó un proyecto para entender los elementos detrás de la política de reducción de la incidencia de violencia criminal en la Ciudad de México.



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



CentroGeo  
Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, A.C.

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO



CENAPRED  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

## Modelado numérico del agrietamiento del suelo y de algunas soluciones de mitigación. Aplicación a la problemática de las alcaldías Iztapalapa, Tláhuac, Xochimilco y Milpa Alta

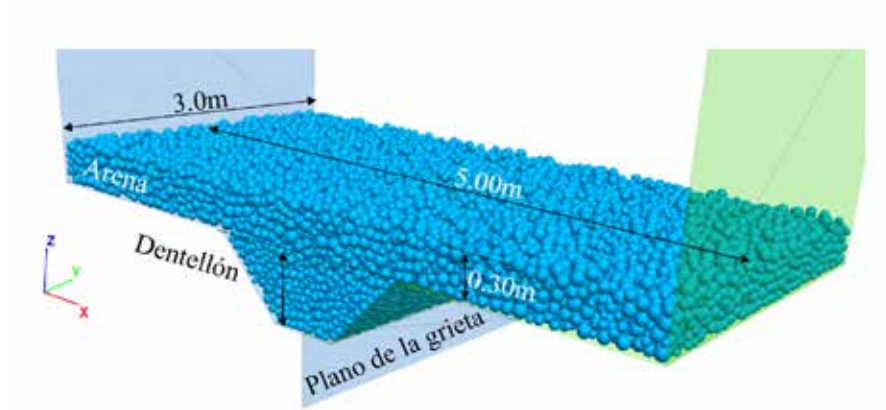
INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM

El problema de agrietamiento del suelo existente en las Alcaldías de Iztapalapa, Tláhuac, Xochimilco y Milpa Alta se debe principalmente a los **asentamientos diferenciales inducidos por el hundimiento regional asociado al bombeo de agua** en los estratos profundos y a las condiciones geológicas locales del suelo. En estos sitios, las **grietas más severas presentan un escalón en la superficie, que afecta de forma importante la funcionalidad de las construcciones, vialidades e instalaciones hidráulicas.**

Para mitigar los problemas causados por este tipo de agrietamiento, el Instituto de Ingeniería de la UNAM propuso la construcción de **“cajas disipadoras de deformaciones unitarias”**, que consisten en un dentellón de arena, colocado sobre las grietas, que **absorbe las deformaciones y evita la formación de escalones abruptos**, es decir, se disipan los desplazamientos generados por las grietas. En este sentido, el proyecto tuvo el objetivo de desarrollar modelos nu-



Trabajos para la mitigación de grietas en la Ciudad de México



Caja disipadora de deformaciones

méricos para estudiar tanto el comportamiento de las grietas en el suelo, como el comportamiento de las medidas de solución a implementar en la superficie del terreno y dar recomendaciones para enfrentar el problema en la práctica.

Con base en los resultados de las simulaciones numéricas, **se emitieron recomendaciones prácticas para la construcción de cajas disipadoras de deformaciones unitarias** por medio de dos notas técnicas. **Esta técnica se ha aplicado extensivamente para la rehabilitación de calles y vialidades agrietadas en la Alcaldía Iztapalapa.** Se construyeron más de mil cajas y se ha continuado con la rehabilitación por medio de esta solución. La técnica también ha sido útil para dar solución a problemas encontrados en la Alcaldía Tláhuac, donde las tuberías hidráulicas presentan concentraciones de esfuerzos inducidos por la presencia del escalón, que pueden provocar la falla.

Asimismo, mediante una nota técnica **se emitieron recomendaciones para mitigar daños en viviendas de mampostería y de viviendas tipo** ubicadas en localidades del suroriente de la Ciudad de México.

Gabriel Yves Armand Auvinet Guichard, Jesús Sánchez Guzmán y Alma Rosa Pineda Contreras

## Sistema de Información Sísmica de la Ciudad de México

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES, CENTRO DE INSTRUMENTACIÓN Y REGISTRO SÍSMICO A.C.

En julio de 2019 el Gobierno de la Ciudad de México reunió a un grupo de expertos en sismología de instituciones de educación superior y a autoridades de protección civil federal y local, con el propósito de **tomar acciones con respecto a los sismos con epicentros en la Ciudad** ocurridos en ese mes. Derivado de la reunión se formó el grupo de trabajo de la Red Sísmica de la Ciudad de México que integra especialistas de los Institutos de Ingeniería (IINGEN), Geofísica y del Servicio Sismológico Nacional (SSN) todos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Unidad Azcapotzalco; del Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A.C. (Cires) y del Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred).

Por lo anterior, el grupo propuso como primera etapa la conformación del **Sistema de Información Sísmica de la Ciudad de México (SISCDMX)**, cuyo propósito fue el **unificar las seis redes de monitoreo sísmico que operaban de manera independiente en la Ciudad**. Para alcanzar este propósito, la Sectei formalizó cuatro convenios de asignación de recursos logrando los siguientes resultados:



Integración de 173 estaciones sismológicas y acelerográficas que operan dentro de la Ciudad



se dotó de infraestructura al Centro de Monitoreo del SSN y al Puesto Central de la Unidad de Instrumentación Sísmica del IINGEN

- 1 **Homologación y mejora de las estaciones de registro sísmico de las seis redes de monitoreo**, en su infraestructura o en sus equipos, con el fin de cumplir con los estándares técnicos necesarios para el registro y la transmisión en tiempo real de los datos al SSN, quien funge como centro concentrador de la información. Se destaca la reactivación de cuatro estaciones de pozo con equipos de alta resolución y sensibilidad para medir aceleración y velocidad de forma simultánea a cargo del Cenapred.
- 2 **Integración de 173 estaciones sismológicas y acelerográficas que operan dentro de la Ciudad**, permitiendo que los datos que generan se transmitan continuamente y en tiempo real al SSN y al IINGEN, a este último para la **generación casi inmediata de mapas de intensidades de eventos relevantes**.
- 3 **Además, se dotó de infraestructura de cómputo** al Centro de Monitoreo del SSN y al Puesto Central de la Unidad de Instrumentación Sísmica del IINGEN, con el fin de contar con mayor capacidad de recepción y almacenamiento de los datos transmitidos de todas las estaciones de las seis redes de monitoreo.

Actualmente el SISCDMX **opera con más de 150 estaciones de superficie y de pozo** de las diferentes redes, las cuales transmiten sus datos de manera continua y en tiempo real al SSN, entidad que comparte a las demás redes la información recibida.

La operación del sistema permite contar con productos de calidad óptima para una **mejor caracterización de la sismicidad de la Ciudad, la generación de mapas de intensidades y las estimaciones oportunas de daños** para la toma de decisiones.

Arturo Iglesias Mendoza, Jorge Aguirre González, Leonardo Ramírez Guzmán, Luis Quintanar Robles, Gilberto Castelán Pescina, Alonso Gómez Bernal, Juan Manuel Espinosa Aranda y Armando Cuéllar Martínez.



## Apoyo en el campo de las ingenierías geotécnica y estructural para la rehabilitación estructural de la Catedral de México

INSTITUTO INGENIERÍA DE LA UNAM

El proyecto tuvo la finalidad de realizar dos tipos de estudios:

- 1 **Geotécnicos**, para evaluar las condiciones del subsuelo que actualmente prevalecen en el conjunto religioso y a partir de ello sugerir, de acuerdo con los expertos en ingeniería estructural, las medidas necesarias para evitar daños ulteriores o para mitigarlos. El estudio concluyó que se requieren análisis adicionales para elaborar un plan integral para la conservación de la Catedral y el Sagrario Metropolitanos, en donde deberá considerarse que **las condiciones del subsuelo son las que han producido y continuarán los hundimientos que están produciendo daños estructurales** y, a su vez, incrementan la vulnerabilidad sísmica de estos monumentos.
- 2 **Estructurales**, para elaborar el diagnóstico integral sobre las **condiciones estructurales que prevalecen en el conjunto religioso** y desarrollar el proyecto de rehabilitación para atender los daños estructurales prestando atención especial a los causados por el sismo de 2017 y a los que por sus características constituyen un riesgo para la estabilidad del inmueble. De los resultados obtenidos cobra mayor relevancia el conocimiento de que **el conjunto catedralicio continuará experimentando movimientos**, debido a las características y los fenómenos a los que está sometido el subsuelo sobre el que se localiza la estructura.

Con base al registro de daños y de los boletines técnicos elaborados se realizó un análisis y clasificación de los daños y deterioros, a partir de los cuales se hicieron las propuestas de solución siguiente:

- Se diseñaron propuestas para dar respuesta a los **agrietamientos en muros y bóvedas** generados principalmente por los asentamientos del suelo
- Se elaboraron propuestas que, si bien no son refuerzos de elementos estructurales, son acciones para la **protección del recinto histórico durante los trabajos** y, además, propician que las acciones de rehabilitación sean más efectivas
- Se señaló la imperiosa necesidad de **precisar las condiciones actuales del subsuelo** para justificar las acciones anteriores
- Se realizaron **trabajos de mantenimientos e intervención** en el conjunto religioso

Efraín Ovando Shelley

## Construir redes para la paz a partir de los Puntos de Innovación, Libertad, Arte, Educación y Saberes (Pilares) de la Ciudad de México

### COLEGIO DE MÉXICO

En el año 2020, el Seminario sobre Violencia y Paz llevó a cabo el primer proyecto de investigación financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (Sectei). Este proyecto tuvo como objetivo explicar y comprender el impacto de los Pilares en las dinámicas de la violencia e inseguridad de la Ciudad de México. El objetivo del proyecto consistió en **conocer el potencial que estos espacios tenían para construir capital social positivo, es decir, redes de paz**. Al finalizar el proyecto se concluyó que los Pilares son espacios con el potencial para construir en su entorno, redes de paz.

Posteriormente, el Seminario trabajó en un proyecto sobre la **Iniciativa Mentorías de la estrategia de prevención del delito Alto al Fuego**, de la Secretaría de Seguridad Ciudadana (ssc) de la Ciudad de México, el cual contó con financiamiento por parte de la Sectei. El proyecto tuvo como objetivo **conocer el impacto de la Iniciativa y con esa base, hacer recomendaciones de política pública** hacia su mejora y fortalecimiento. El resultado final es un documento de evaluación de política pública que fue recibido por la ssc y coadyuvó en mejorar la operación de dicha Iniciativa. Uno de los logros más relevantes de este proyecto fue la **incorporación de ayuda psicológica a las personas que operan Mentorías** como parte integral del trabajo que realizan.

Actualmente, se trabaja en un proyecto de investigación titulado *Preservar la Fortaleza Capitalina, Estrategia para Combatir la Violencia Criminal en la Ciudad de México, 2024-2030*; el cual busca **entender los elementos detrás de la política en materia de reducción de violencia criminal en la Ciudad de México** para, con esa base, construir una serie de recomendaciones que serán presentadas en 2024 a quien ocupe la jefatura de gobierno de la Ciudad.

Gracias a estos proyectos, **se han establecido colaboraciones estratégicas con diversas instituciones y autoridades locales**, lo que permite acceder a información privilegiada y construir una red de comunicación sólida que enriquece el análisis y brinda una visión más integral de las problemáticas trabajadas. Se considera que el trabajo junto con la Sectei promueve y fomenta el desarrollo de proyectos con perspectivas integrales, que favorecen a la generación de conocimiento encaminada a la solución de los problemas de nuestra sociedad y de la Ciudad de México.

Sergio Aguayo Quezada, Fernando Ruíz Aguilar



# TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Dr. René Salvador López Cabrera  
COORDINADOR

El eje de Tecnología e Innovación promueve el desarrollo tecnológico, el emprendimiento científico y la innovación, así como la vinculación entre gobierno, academia, industria y sociedad.

Los proyectos apoyados, identificaron áreas de oportunidad para proponer soluciones tecnológicas e innovadoras a diversas problemáticas y necesidades en distintos sectores de la Ciudad de México. Por mencionar algunos, se desarrolló un sistema acuático para la extracción de residuos sólidos en cuerpos de agua de la Ciudad, con tecnología que lo hace transportable y modular. También, se han elaborado mapas de ruta tecnológica en temas de electromovilidad, salud y aplicación de materiales gráficnicos, con la colaboración de más de 30 actores, como dependencias de gobierno, empresas y centros de investigación.

Además, se resaltó la necesidad de mejorar la eficiencia y la competitividad de personas productoras, locatarias, comerciantes y en general MiPyMEs de la Ciudad, a través de un módulo de logística integral que incluye gestión de inventarios, ventas, rastreo de pedidos y una plataforma de pagos seguros. En el ámbito manufacturero, se benefició un proyecto orientado a reducir el consumo energético mediante el desarrollo de recubrimientos que reducen la fricción y desgaste en el proceso de maquinado.

Por otro lado, se destaca la colaboración virtuosa entre instituciones de educación superior y la Secretaría de Salud de la Ciudad de México para el desarrollo tecnológico de un sistema de administración médica e información hospitalaria avanzado, que incluye un módulo de visualización por medio de tableros de análisis de datos para fortalecer el sector salud. Este sistema permite el aprovechamiento de los expedientes digitales para investigaciones epidemiológicas, contribuyendo así a la correcta toma de decisiones.

Además, en el ámbito educativo, se apoyaron proyectos que son propicios para incrementar las capacidades tecnológicas en las y los jóvenes, personas adultas y personas mayores, a través del diseño, desarrollo y ensamblado de sistemas robóticos básicos en los Puntos de Innovación, Libertad, Arte, Educación y Saberes (Pilares), en los planteles del Instituto de Educación Media Superior (IEMS) y en la Universidad Rosario Castellanos (URC).



TECNOLOGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



CentroGeo  
Centro de Investigación en  
Ciencias de Información Geoespacial, A.C.

SECRETARÍA DEL  
MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA  
DE MOVILIDAD



SACMEX

## Desarrollo de sistema acuático para limpieza de basura en cuerpos de agua y represas de la Ciudad de México

INSTITUTO DE INGENIERÍA Y FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNAM  
SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

El desarrollo de un sistema funcional acuático que permita extraer la basura acumulada en cuerpos de agua del poniente de la Ciudad de México fue un reto que se logró con el apoyo de investigadores y estudiantes de la UNAM. En un inicio se determinaron las necesidades y áreas de oportunidad para el sistema de presas de la Ciudad de México, se analizaron las características de las presas y se identificaron la cantidad y tipo de residuos flotantes existentes y que contaminan los cuerpos de agua, disminuyendo su capacidad de almacenamiento, clave para la prevención de avenidas en las zonas bajas de la Ciudad de México. La tecnología denominada Sistema Acuático “Todo en Uno” es transportable, modular y recolecta residuos en cuerpos de agua, para atender a la limpieza y rescate de presas, vasos reguladores y lagunas. Se ha considerado que la operación del sistema la pueda realizar una cuadrilla del personal de limpieza (de cuatro a seis personas) del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex).



El Sistema Acuático “Todo en Uno” es transportable, modular y recolecta residuos en cuerpos de agua



El Todo en Uno, funciona a través con un control remoto, con cámaras de alta definición y sensores que monitorean la cantidad y tipo de residuos

La construcción del Todo en Uno consideró integrar **ocho subsistemas, cada uno de ellos diseñado de manera independiente**, que al unirse conforman el sistema de limpieza. Para alcanzar su transporte y resguardo, el sistema integrado se monta en un camión todo terreno que lo puede llevar para su uso en los cuerpos de agua que presenten la problemática de acumulación de residuos sólidos urbanos.

La operación del sistema en los cuerpos de agua **permitirá contar con rejillas y compuertas más limpias** reduciendo considerablemente el riesgo de desborde de los cuerpos de agua y por ende el riesgo de inundación de las zonas aledañas, que pueden afectar la seguridad y salud de las y los habitantes.

El Todo en Uno, **ha sido diseñado para extraer hasta 268 toneladas** de residuos en un proceso continuo, alrededor de 1.3 m<sup>3</sup>/min de basura con una autonomía de uso de ocho horas por carga de baterías. El Todo en Uno está pensado para poder atender 17 presas de cinco alcaldías de la Ciudad de México.

Parte fundamental durante la operación del sistema en una presa contaminada con desechos, es que este considera un **proceso automatizado a través de un control remoto, cámaras de alta definición y sensores que monitorean la cantidad y tipo de residuos** para predecir los movimientos y velocidad del bote, un *lidar* e instrumentos, logrando que el personal pueda trabajar sin riesgo a su integridad personal al no interactuar con el agua contaminada, como sucedía anteriormente. Finalmente, hay que señalar que el desarrollo de esta tecnología **generó una vinculación efectiva entre el sector académico y gubernamental para una solución de gestión urbana de los residuos urbanos** presentes en los cuerpos de agua, ya que se atiende a una problemática ambiental y de salud pública de la Ciudad, así como una mejora en la salud laboral de los trabajadores del Sacmex.

Luis Agustín Álvarez-Icaza Longoria, Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich, María del Pilar Corona Lira, Vicente Borja Ramírez, Manuel Herrera López, Ivan Daniel Arizmendi Maya y Luis Darío Reyes Delgado

## Apoyo a la operación de la Oficina de Transferencia y Escalamiento Tecnológico de la Ciudad de México

ACADEMIA DE INGENIERÍA A.C.

El presente proyecto tuvo como finalidad **consolidar la operación de la Oficina de Transferencia y Escalamiento Tecnológico de la Ciudad de México** a través de la instrumentación de metodologías de gestión, la identificación de necesidades de la Ciudad de México. Con el objetivo de **crear un modelo de transferencia de tecnología de Sectei y ayudar a proyectos de base tecnológica**, de universidades, centros de investigación e instituciones de educación superior, que se encuentren en una etapa funcional, al menos a nivel laboratorio y que sean aptos para transferirse y/o escalarse a las dependencias de la administración pública de la Ciudad de México y al sector productivo.

De esta manera entre los impactos del proyecto, se logró el diseño del modelo de operación de la OTET; así como el desarrollo del manual de operación; y la integración de una cartera de proyectos tecnológicos prioritarios de Sectei para su evaluación de pertinencia y factibilidad para la transferencia; culminando en la elaboración de **diversos convenios de colaboración y transferencia** para los proyectos de Mascarillas N95: UNAM-Sectei-ATFIL; Hisopos: UNAM-Sectei-TROKAR-ADES; y Termopares: Sectei-INCAN.

Entre las organizaciones con las que se logró establecer **vinculación para transferir tecnología y conocimiento** se encuentran el Centro de Ciencias Aplicadas de la UNAM, el Centro de Investigación en Materiales de la UNAM, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el Centro Nacional de Metrología, el Instituto Nacional de Cancerología, el Hospital Infantil de México y empresas privadas como TROKAR, ADES, Transformadores y Tecnología, ARTECHE y Electrotecnica.

Oficina de Transferencia y Escalamiento Tecnológico de la Ciudad de México, ubicada en las instalaciones del CDIT Vallejo-i



Alfonso Ramírez Lavin

## Desarrollo y escalamiento tecnológico de un concentrador de oxígeno de alta eficiencia

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN

El concentrador de oxígeno es un equipo que busca **brindar tratamiento de oxigenoterapia de alta concentración** para los casos que sea recomendado por personal médico. Este equipo utiliza aire ambiental para separarlo en sus componentes tales como nitrógeno y oxígeno, utilizando un tamiz molecular de manera que el oxígeno altamente concentrado sea el producto final que se suministra en forma de flujo continuo al paciente.



Concentrador de oxígeno de alta eficiencia desarrollado por el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán

Mediante el proceso de ingeniería inversa se pudo recabar la información certera que llevó a definir las principales características de **funcionalidad y operación para el concentrador de oxígeno OXY NSZ**.

La construcción del prototipo común y los materiales finalmente seleccionados, permitió cumplir con los requerimientos establecidos por la OMS para este tipo de equipo en particular en cuanto a la entrega de valores de concentración.

Se obtuvieron resultados altamente prometedores en el desempeño del equipo, para la producción de oxígeno concentrado, **con valores máximos de alrededor de 92% de concentración** para la mayoría de los flujos seleccionados.

Se dispone de los dos prototipos planteados, uno que es útil para la producción de 5 L/min a una concentración del 87%, y el segundo que es capaz de entregar 10 L/min con una concentración del 91% en todo el rango de la escala de producción, en donde **su configuración y componentes servirán como base para los nuevos modelos portátiles**, además se cuenta con el banco de pruebas que permite trabajar en los dos modelos de 10 L/min y de 5 L/min

para los casos en que se requiera realizar algún tipo de ajustes y/o pruebas, sin la necesidad de manipular el producto final terminado.

Fanny Alvarado Chávez, Ing. Juan Jesús Mejía Fernández, José Francisco Muñoz Del Angel, Ricardo Bautista Mercado, Misael A. Sanchez Magos

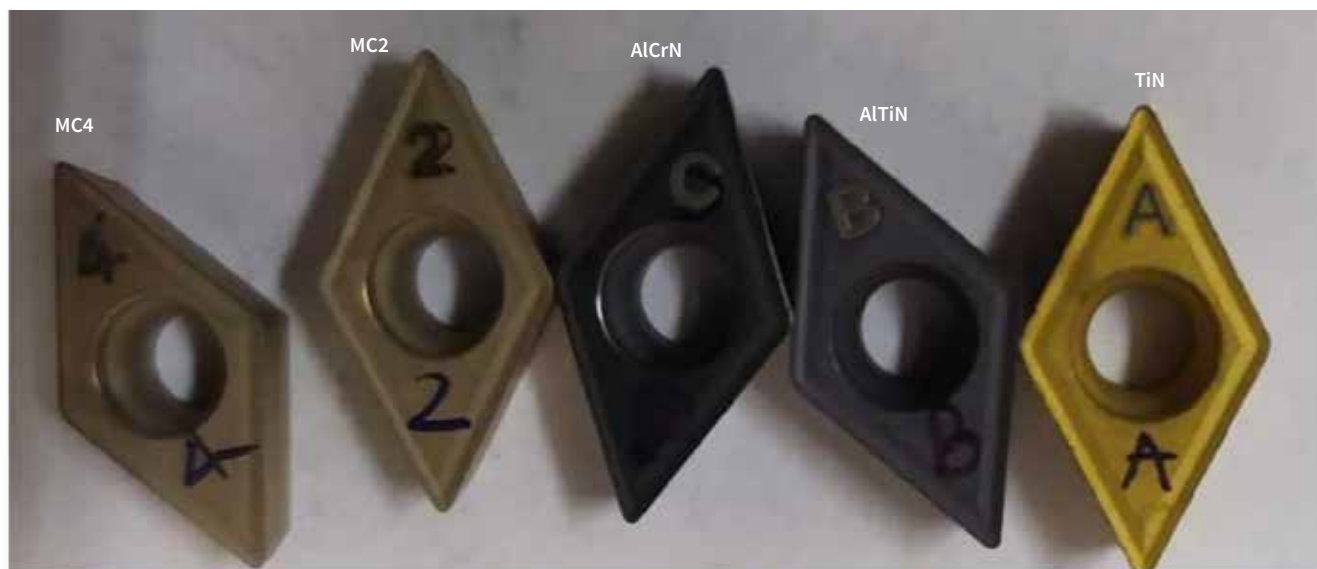


## Reducción del consumo energético en los procesos de manufactura

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES DE LA UNAM

Los sistemas mecánicos en los procesos de manufactura implican el movimiento relativo de superficies donde las componentes o herramientas se deslizan o ruedan unas contra otras. De forma natural, esto genera una resistencia al movimiento (fricción) que produce desgaste de las herramientas y el desperdicio de entre el 25 al 60 % de la energía suministrada.

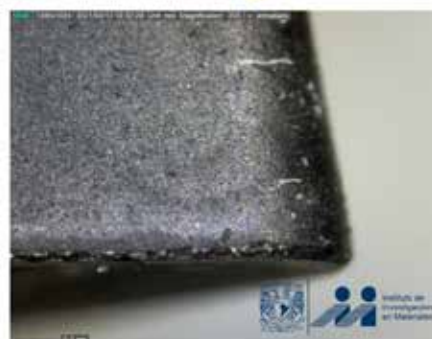
Ante esta situación, el principal objetivo del proyecto fue desarrollar recubrimientos que permitan reducir las pérdidas de energía durante el proceso de maquinado. A través del desarrollo de recubrimientos que reduzcan la fricción y a la vez resisten el desgaste, se contribuye en soluciones para los diferentes aspectos mencionados.



Corte de barra de acero usada como prueba



Desgaste de una monocapa comercial



Multicapa sin huellas de desgaste

Para lo cual se propuso el uso de una **arquitectura de multicapas con recubrimientos duros y adiciones de vanadio**. El papel fundamental del vanadio es difundirse hacia la superficie durante los procesos de maquinado, de modo que, al entrar en contacto con el oxígeno a altas temperaturas, se forme un óxido de vanadio, el cual funciona como un lubricante sólido. **Se desarrollaron cuatro prototipos de multicapas**, las cuales fueron depositadas utilizando equipos comerciales sobre insertos de corte utilizados en sistemas de maquinado de alta velocidad y se evaluó la durabilidad de los recubrimientos y su efecto en el consumo energético. **El mejor de los sistemas presentó una dureza de 26-28 Gigapascales (GPa), más del doble que cualquier acero comercial, con una reducción del coeficiente de fricción a la mitad del valor y un ahorro energético medible.**

Los resultados del proyecto han sido divulgados en diferentes foros académicos, así como entre el Gobierno-Academia-Industria; **se graduaron dos estudiantes de licenciatura y uno de maestría, además se publicaron dos trabajos en revistas indexadas**. La perspectiva a futuro sería realizar pruebas conjuntas con una industria específica para demostrar la efectividad del recubrimiento multicapa en una aplicación real.

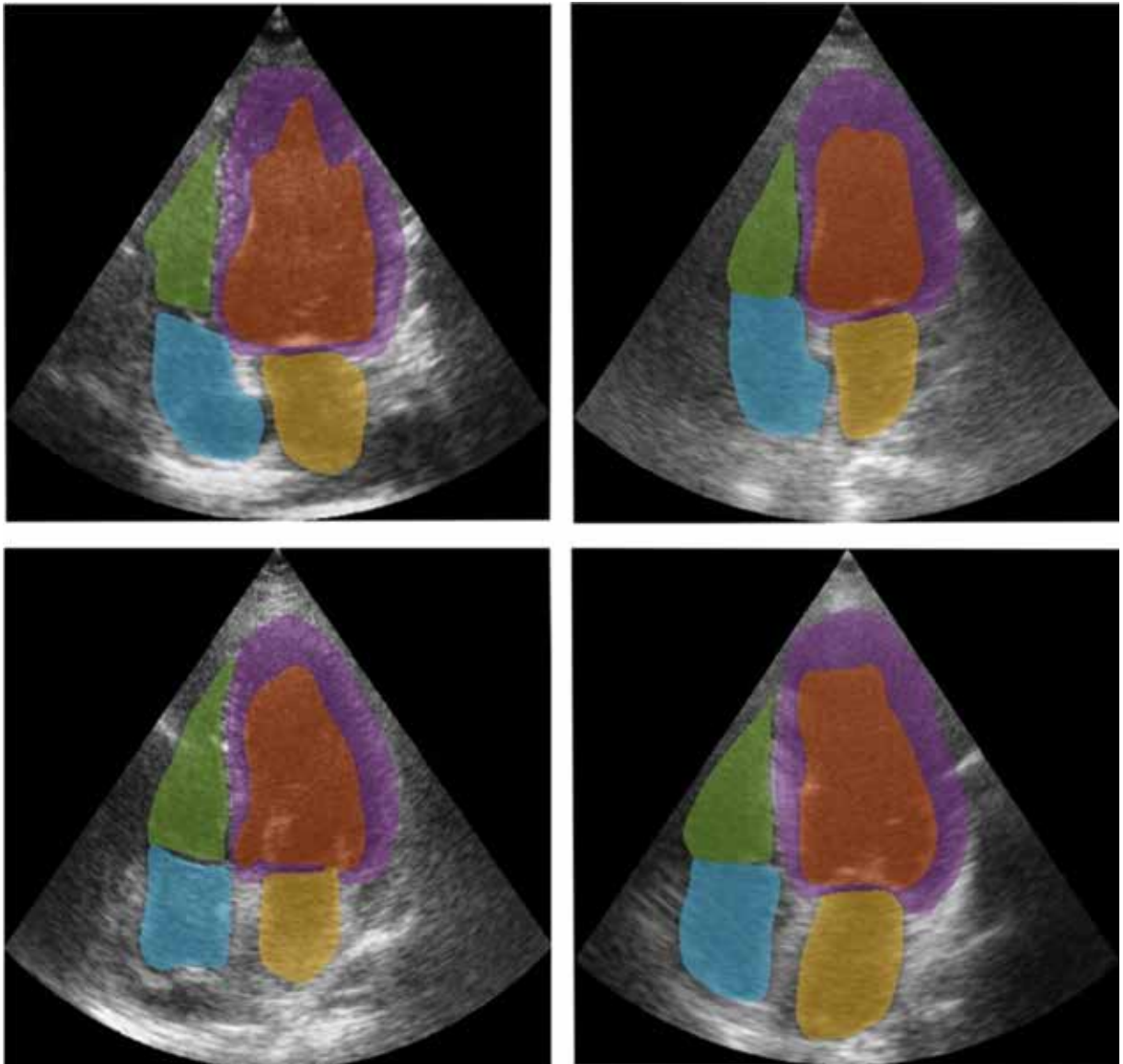
Sandra E. Rodil Posada

## Sistema inteligente para el diagnóstico médico asistido para enfermedades cardiovasculares

CENTRO DE ESTUDIOS EN COMPUTACIÓN AVANZADA DE LA UNAM

El objetivo del proyecto fue **desarrollar una herramienta computacional de ayuda al diagnóstico médico que permita analizar la dinámica de las cavidades cardiacas**, principalmente el ventrículo derecho, a partir de imágenes médicas, especialmente ecocardiogramas, utilizando técnicas de procesamiento de imágenes, visión computacional y aprendizaje automático.

Esta herramienta actúa como un sistema de auxilio al diagnóstico médico para evaluar la función cardiaca a partir del **análisis automático de imágenes**



Análisis automático de imágenes médicas de ultrasonido y de técnicas de visión computacional y aprendizaje automático

**médicas de ultrasonido y de técnicas de visión computacional y aprendizaje automático.** Este permite al médico cargar un estudio de ecocardiografía consistente en imágenes en 3D, es decir, volúmenes que contengan todo el corazón, correspondientes a distintos instantes de tiempo a lo largo del corazón; para visualizar y seleccionar la cavidad cardiaca que desee estudiar, ya sea ventrículo izquierdo o derecho. De esta manera, el personal médico podrá seleccionar y estudiar todo el endocardio o solo una parte. **El sistema calculará automáticamente el campo de velocidades, así como parámetros clínicos de interés, tales como volúmenes, fracción de eyección, tensión y velocidad de tensión.** Este sistema es un prototipo que se ubica entre los niveles 5 y 6 de la escala Technology Readiness Level (TRL).

Este proyecto ha consolidado la cooperación con la Universidad Robert Gordon de la Ciudad de Aberdeen, Escocia; mientras que del lado clínico **se ha trabajado de manera muy cercana con cardiólogos especializados en ultrasonido** (Dra. Rocío Aceves Millán del Servicio de Ecocardiografía del Hospital 20 de Noviembre del ISSSTE, Dr. Octavio Barragán del Hospital ABC y la Dra. Beda de la Facultad de Medicina de la UNAM), y con médicos de la Secretaría de Salud de la Ciudad de México quienes evalúan la posibilidad de un protocolo clínico de validación del prototipo. De este sistema, se derivó un Certificado de Derechos de Autor: SYSCARDIO, Sistema para auxilio al diagnóstico médico de enfermedades cardiacas (03-2021-121714091000-01) de fecha del 04 de enero 2022; y la formación de recursos humanos a nivel posgrado.

Boris Escalante Ramírez, Rocío Aceves Millán, Octavio Barragán y Beda Daniela Islas Muñoz

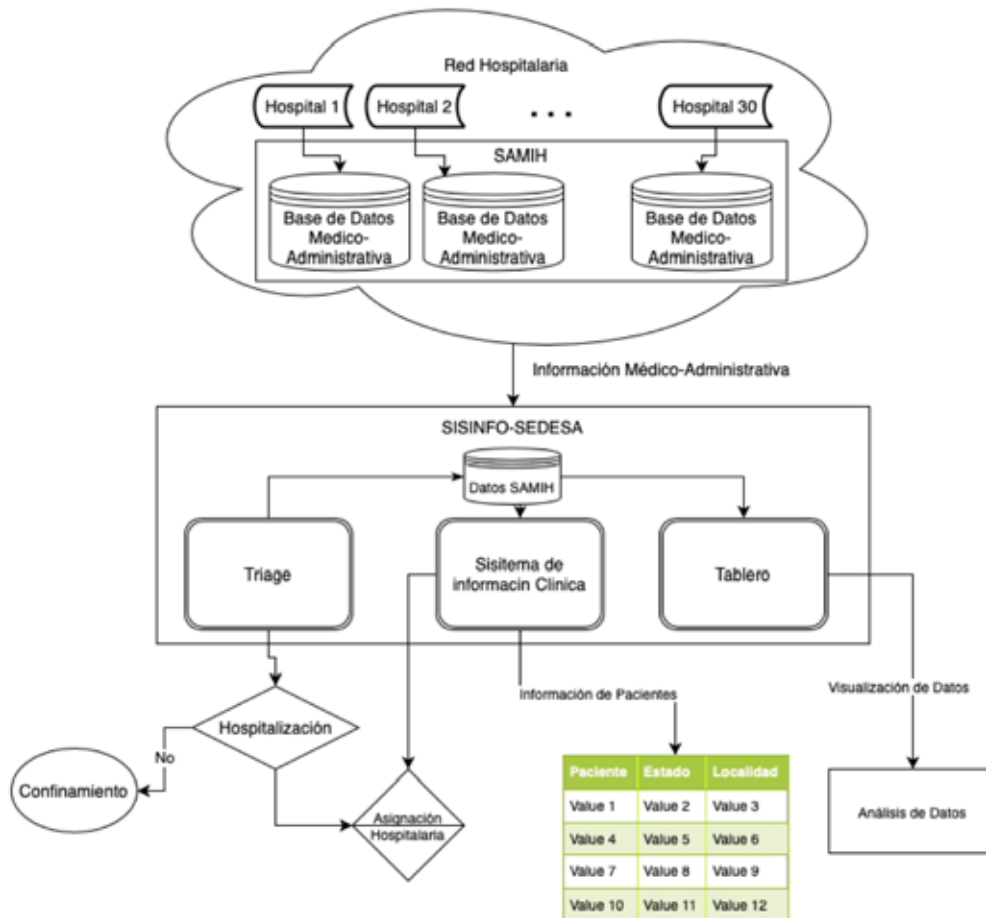
## Sistema de Información Hospitalaria Sedesa

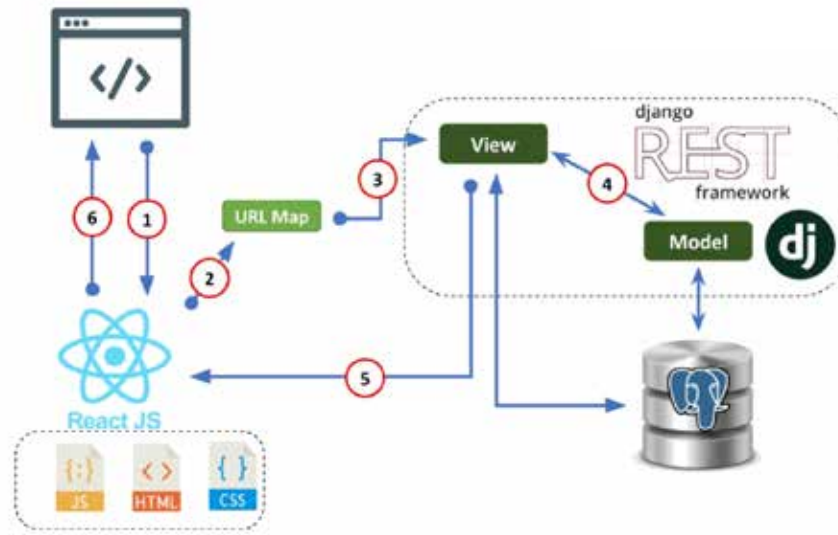
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATEMÁTICAS APLICADAS Y EN SISTEMAS, UNAM

El proyecto tuvo por objetivo desarrollar un sistema de información hospitalaria que incluyera un módulo de triaje respiratorio, un módulo de importación automática de datos a partir del Sistema de Administración Médica e Información Hospitalaria (SAMIH) y un módulo para la visualización por medio de tableros de análisis de datos.

Con apoyo del IIMAS, la UNAM desarrolló un Sistema de Información Hospitalaria para la Secretaría de Salud de la Ciudad de México (Sedesa), mismo que se encuentra alojado en un servidor y que fue entregado a la Sedesa. El Sistema plantea cinco módulos:

- 1 **Triaje:** Registro y visualización de pacientes en el triaje respiratorio
- 2 **Tableros:** Visualización de información hospitalaria en gráficos y tablas
- 3 **Expedientes:** Visualización de los términos médicos extraídos de notas médicas
- 4 **Usuarios:** Gestión de usuarios que utilizan el sistema, incluye roles de personas usuarias
- 5 **Catálogos:** Gestión de los diversos catálogos necesarios en el sistema





El módulo de triaje respiratorio es diferencial para Influenza y Covid-19, para personas en edades adultas, pediátricas y embarazadas; así como para la administración de usuarios. Aunque **el sistema fue diseñado para responder a la emergencia sanitaria asociada al Covid-19**, también tendrá gran relevancia para la investigación epidemiológica y la toma de decisiones, logrando con ello robustecer a Sedesa, que aprovecha el expediente digital de los hospitales de la Ciudad, teniendo los siguientes alcances:

- A corto plazo, se estima que el Sistema de Información Hospitalaria **entre en funcionamiento en un hospital de la Sedesa** para el registro de pacientes con afecciones respiratorias, como son el Covid-19 y la Influenza
- A mediano plazo, se espera que el Sistema implementado **se integre en toda la red de hospitales que conforman Sedesa**; o bien, como así lo estime necesario y oportuno la Sedesa
- A largo plazo, se busca contribuir a solventar esta necesidad tanto de salud pública para el **manejo de información sobre pacientes con afecciones respiratorias**, fortaleciendo la toma oportuna de decisiones

Helena Montserrat Gómez Adorno

## Obtención de aprobación regulatoria para el dispositivo Florence

ALANDRA MEDICAL S.A.P.I. DE C.V.

El proyecto tiene como finalidad lograr la re-certificación de iso 13485, relacionada con los **sistemas de gestión de la calidad en productos sanitarios** respecto al dispositivo Florence & Athena, a través de la compilación de un archivo técnico que cumpla con los requisitos de la directiva sobre productos sanitarios 93/42/ECC que incluye datos clínicos; además de la recopilación de la documentación requerida por Cofepris para un registro sanitario.

El dispositivo Florence & Athena cuenta con una tecnología desarrollada en México en cumplimiento de la regulación sanitaria local e internacional. **El uso de este dispositivo puede mejorar el resultado de pacientes durante el cuidado perioperatorio de una cirugía cardíaca electiva**, reducir el tiempo en cuidados intensivos, presentar un nuevo marcador que sirva como indicador de riesgo de complicación y posiblemente como guía en el manejo de la terapia clínica.

Durante el desarrollo del proyecto se finalizó una prueba clínica con la cual se probó la seguridad y eficacia de la tecnología Florence & Athena; además de la realización de la captura y análisis de datos clínicos de pacientes, así como de las lecturas de Florence & Athena. **Se crearon vínculos con médicos e investigadores** del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí; generándose también un manuscrito que fue enviado para la publicación a la revista indexada de alto impacto *Critical Care Medicine Experimental*, donde el preprint se puede consultar en: <https://www.researchsquare.com/article/rs-1897328/latest>.

Así mismo, se logró generar la documentación técnica y clínica necesaria para poder someter la tecnología Florence & Athena a **validación regulatoria de Cofepris y otras agencias sanitarias en distintos países**. Con los datos y vínculos obtenidos, es posible realizar más publicaciones científicas respecto al desarrollo de este tipo de tecnología; ya que se cuenta con la capacidad de seguir divulgando entre la comunidad médica e inversionistas las capacidades clínicas y de mercado que los beneficios del dispositivo Florence & Athena puede ofrecer.



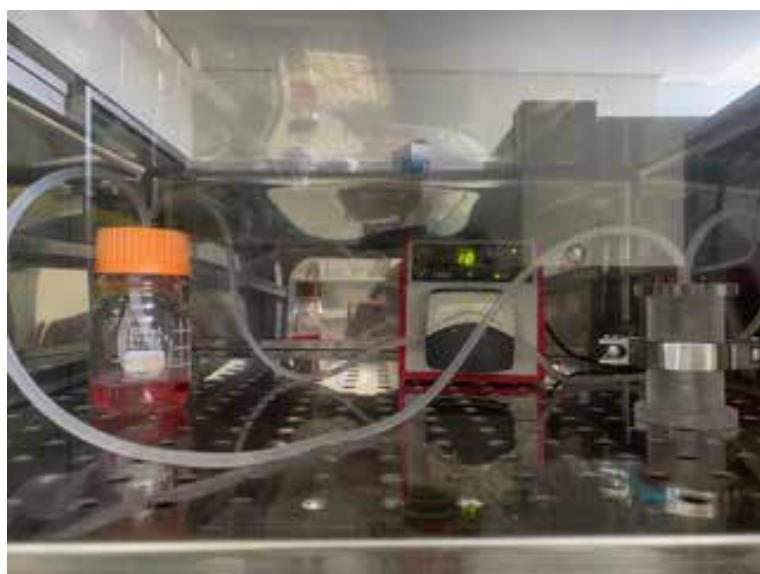
Dispositivo Florence & Athena para el cuidado perioperatorio de una cirugía cardíaca electiva

Carlos Alberto Sánchez Villarreal

## Caracterización y validación pre-clínica de un biorreactor electromecánico para generación de tejido cardíaco como posible tratamiento a la cardiopatía isquémica

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD CUAJIMALPA

La finalidad de este proyecto fue validar el prototipo de **biorreactor para la generación de tejido cardíaco con estimulación mecánica y eléctrica en cultivos celulares** y en un modelo animal de infarto agudo al miocardio.



Prototipo de biorreactor electromecánico para generación de tejido cardíaco

Se logró la validación del uso del biorreactor para generar tejido cardíaco artificial en cultivos celulares y en un modelo animal, entregando los reportes de pruebas de viabilidad y análisis histológico del tejido cardíaco generado. En el reporte de caracterización del tejido cardíaco generado en el biorreactor en un modelo animal y el reporte final de las pruebas de validación preclínica del tejido cardíaco generado en el biorreactor en un modelo animal fueron realizadas en un Instituto Nacional de Salud. De esta manera, se generaron dos nuevos prototipos mejorados del biorreactor, donde se describe el nuevo sistema de estimulación eléctrica con toda su caracterización.

El desarrollo del proyecto aportó al conocimiento la **generación de nuevas alternativas terapéuticas para tratar enfermedades** de alta incidencia en donde se presenta daño tisular que genera la disfunción de un órgano, en el caso particular, de la principal causa de muerte en México que son las enfermedades cardíacas.

Por este motivo, es importante contar con nuevas opciones que eviten la terapia a base de inmunosupresores o de conexión del paciente a una máquina; con menor costo y mayor calidad de vida que el trasplante de órgano. Aun cuando se han realizado diversas propuestas con diferentes fuentes celulares y andamiajes, **todavía no se cuenta con soluciones clínicamente validadas que puedan ser utilizadas en pacientes que necesitan trasplante de órganos**. Se propuso trabajar con un parche novedoso que puede ser utilizado en diversas enfermedades crónicas con la formación de recursos humanos de licenciatura.

Nohra Elsy Beltrán Vargas



## Consortio de la Ciudad de México y Newcastle comprometidos con la investigación sobre la contaminación del aire y la salud

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA UNAM

El proyecto tuvo como finalidad desarrollar tres nuevos grupos de trabajo para los siguientes temas:

- 1 **Calidad del aire** en la Ciudad de México
- 2 **Estado de salud de la población** en toda la Ciudad de México y su vinculación con la calidad del aire
- 3 **Desarrollo de material didáctico** sobre la contaminación del aire; la salud para las escuelas; y lo que los estudiantes y sus padres hacen para reducir la generación de contaminación del aire y reducir la exposición a la contaminación del aire

Dado el impacto de la contaminación del aire sobre la morbilidad y mortalidad en la población humana, es imprescindible generar conocimiento puntual sobre la variación espacial y temporal de la contaminación **sobre la ocurrencia de distintas enfermedades en la población** de la Ciudad de México.

El objetivo de esta investigación es cuantificar **la asociación entre la contaminación del aire con el número de eventos de salud cuyas causas y desarrollo están asociadas directamente a la contaminación ambiental**. En este trabajo, se diseñó una colaboración interdisciplinaria de investigación y compromiso sobre calidad del aire (AQ por sus siglas en inglés) y salud entre miembros de la academia, estudiantes, ciudadanos, el gobierno local y organizaciones no gubernamentales.

Como resultado de dicha colaboración interdisciplinaria **se publicó un artículo científico en una revista internacional (Q1)**, y se encuentran en proceso de elaboración tres artículos adicionales. **Se generaron y fortalecieron capacidades teóricas y técnicas** alineadas con las funciones de los integrantes del equipo, además de la formación continua de recursos humanos.

**Los resultados de este proyecto fueron presentados en dos congresos** (nacionales e internacionales) y se organizó una conferencia internacional. Adicionalmente, **se elaboraron materiales didácticos de calidad del aire** y se implementó junto con los maestros y estudiantes de la escuela Siglo XXI.

Elizabeth Vega Rangel, Yosune Miquelajauregui y Diana María Meza Figueroa

## Diseñar, desarrollar e implementar mejoras en la plataforma digital de transporte público del Órgano Regulador de Transporte

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN

Este desarrollo tecnológico es para generar los GTFS (General Transit Feed Specification) dinámicos de las unidades de transporte público concesionado en su modalidad de ruta, es decir un **formato estándar de recolección de datos que se utiliza para compartir información de transporte público**, como horarios, rutas y paradas, con el fin de que los usuarios puedan recibir horarios, predicciones de llegada y geolocalización de las unidades de transporte en aplicaciones de software. Todo lo anterior **se integra en una sola plataforma de geolocalización de dispositivos GPS instalados en unidades de transporte** y sus corredores. De entre los resultados del proyecto se encuentran:

- 1 Contribuir a **mitigar los problemas de movilidad** en la Ciudad de México.
- 2 Realizar **vinculaciones con dependencias de gobierno** de la Ciudad: STE, RTP, Metrobús y la ADIP.
- 3 La estructura modular del desarrollo **permite actualizar o modificar independiente cada módulo** dependiendo de las necesidades del usuario.

Plataforma de geolocalización de dispositivos GPS instalados en unidades de transporte



Las mejoras que se llevaron a cabo con este desarrollo en la plataforma de monitoreo con la que cuenta el Órgano Regulador de Transporte, permitirán a los desarrolladores de aplicaciones tener a la mano los datos necesarios para **brindarle a los habitantes de la Ciudad información estructurada concerniente a los servicios de movilidad y transporte**. La disponibilidad de esta información y su empleo cotidiano redundará en que la ciudad cuente con un **sistema de información del transporte público**. Los servicios proporcionados por las aplicaciones les ayudarán a los usuarios a planificar rutas de viaje y hacer así un mejor uso de su tiempo.

Aldo Gustavo Lugo Orozco Lugo

## Innovación y desarrollo de soluciones digitales para facilitar el acceso a mercados de los productores de las zonas agrícolas de la Ciudad de México

### PLATAFORMA NUUP A.C.

El objetivo del proyecto fue brindar a pequeños productores de la Ciudad de México información sobre compradores y sus vínculos con estos, de manera que les permita integrarse en estas cadenas de proveeduría; mediante el uso de herramientas digitales que contribuyan a mejorar los procesos de gestión, planeación y comunicación de los productores agrícolas de la Ciudad de México, agilizando también sus sistemas de levantamientos de pedidos a causa de la contingencia sanitaria derivada por el Covid-19.

Durante el desarrollo de este proyecto se generaron dos soluciones digitales implementadas con pilotos; la primera de ellas denominada **Calculadora de Siembra**, la cual es una aplicación para celular de descarga gratuita. Diseñada para optimizar el proceso de planeación de siembra específicos de Xochimilco en chinampas. Esta calculadora permite calcular la cantidad de semillas necesarias, el volumen de cosecha estimado y el espacio necesario para sembrar. Incluye 35 cultivos con calendarios y volúmenes de cosecha.

La segunda solución fue la **Comanda Digital** para el levantamiento de pedidos, en la cual se digitalizaron los procesos de recepción y entrega de pedidos de dos mercados locales de la Ciudad de México: La Imposible y Mercado Capital Verde. La comanda digital facilitó la gestión y uso tanto para consumidores como coordinadores de los grupos de productores, con más de mil productos comercializados.

Entre los resultados e impactos del proyecto se tiene que la Calculadora de Siembra atiende a 33 beneficiarios directos entre productoras y productores chinamperos de la Alcaldía de Xochimilco, además de que ha tenido más de 10 mil descargas en Play Store y más de 150 planes de siembra realizados.

Mientras tanto, las comandas digitales, benefician a más de 60 organizaciones de productores de las 16 alcaldías de la Ciudad de México, y atienden a 1,100 consumidores de manera mensual; ambos mercados se encuentran operando bajo un esquema de comercio justo.

Vincent Lagace

## Calculadora de Siembra

Plataforma Nuup A.C.

10 mil+  
Descargas

Para todos

Descargar

Compartir

Añadir a la lista de deseos

Esta aplicación está disponible para todos los dispositivos.



### Información de la aplicación →

La Calculadora de Siembra es una herramienta digital para productores de las Chinampas de la alcaldía de Xochimilco en la Ciudad de México. Con ella podrás mejorar el proceso de planeación y administración de los cultivos a partir de calcular sus necesidades de semillas, volumen y el espacio para la siembra. Ahora permite también registrar nuevos cultivos y actualizar existentes.

## Adaptación y resiliencia socio-hidrológica en el entorno periurbano de la Ciudad de México: Humedades Artificiales

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD CUAJIMALPA

El objetivo del proyecto es generar las capacidades requeridas para evaluar los impactos de las intervenciones disruptivas en la sustentabilidad y el Registro Social de Hogares (RSH) de la Ciudad de México. Los humedales artificiales o humedales construidos (HC) intensificados podrán utilizarse como una herramienta de evaluación, que luego se aplicará para optimizar futuros HC en la Ciudad. Con este proyecto se busca atender las problemáticas del agua de forma sustentable, abordando el saneamiento de agua desde una visión interdisciplinaria en la toma de decisiones para mediar y solucionar problemas urbanos y periurbanos.

Entre los impactos más sobresalientes se encuentran la georreferenciación de los humedales construidos como caso de estudio, para conocer el territorio y visualizar la cosecha de agua de lluvia, esfuerzos de reforestación, crecimiento de la mancha urbana, zonificaciones de uso de suelo, densidades poblacionales o necesidades de servicios para eco emprendimientos. Los humedales construidos domésticos en Cuajimalpa reciclan alrededor de 2 500 litros de agua al día lo que equivale a 900 mil litros al año. En el 2020 se aprovecharon

aproximadamente 1.1 toneladas de Demanda Química de Oxígeno (DQO), 46 kg de nitritos, 108 kg de nitratos, 2.4 kg de fosfato; los cuales cumplen con la NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas.

Los costos de operación y mantenimiento se evaluaron de 10 a 20 veces menores que los de un tratamiento de agua convencional. De este proyecto salieron beneficiadas dos familias, las cuales han transformado sus hábitos hacia una gestión circular y sustentable de agua y nutrientes. Así mismo, aumentó la resiliencia socio-hidrológica, evitando la degradación del ecosistema local y por otra parte, se encontró una fuente alterna y segura de agua para consumo de las necesidades.

A partir de este proyecto se proponen marcos de eco emprendimiento que involucren a todas las partes interesadas: usuarios, planificadores y tomadores de decisiones (instituciones de gobierno) sobre servicios de saneamiento descentralizado en peri-urbanidades.

Miriam Alfie Cohen

Los humedales domésticos en Cuajimalpa reciclan alrededor de 2 500 litros de agua al día



## Desarrollo y prueba de concepto sistemas biométricos utilizando rostro, huella dactilar y silueta humana

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA CULHUACÁN, IPN

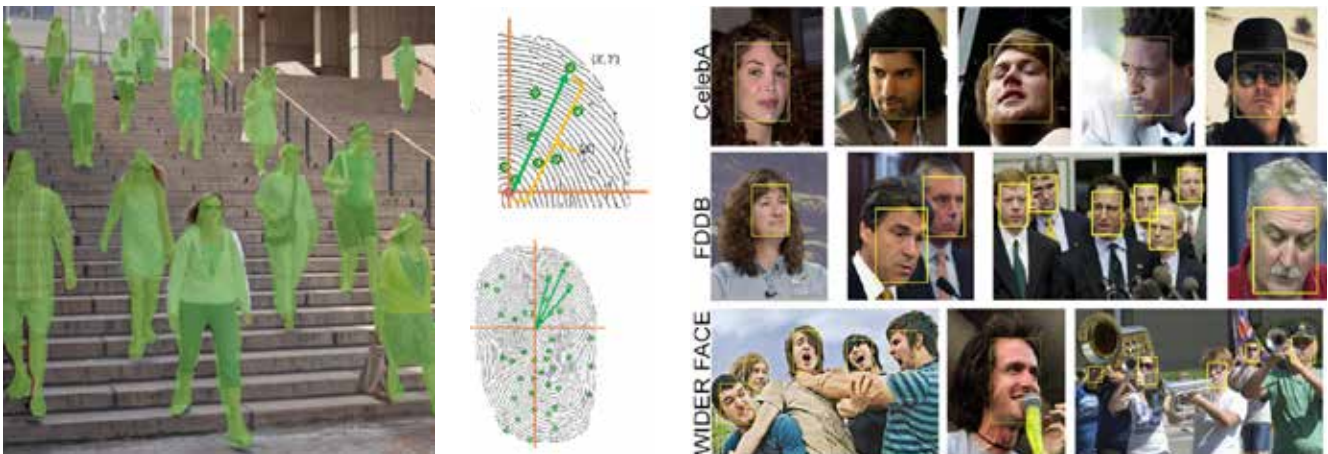
Un sistema biométrico es una tecnología que utiliza características físicas o comportamentales únicas de una persona para identificarla y realizar una tarea específica. El desarrollo de este proyecto consistió en investigar, diseñar, desarrollar e implementar **sistemas de reconocimiento biométrico basados en rasgos como el rostro, huella dactilar y silueta humana**.

En la etapa inicial del proyecto se estudiaron diferentes **algoritmos y bases de datos** estandarizadas de prueba, para definir cuál era el más conveniente a utilizar. Posteriormente se analizaron métodos de clasificación como **redes neuronales convolucionales y de aprendizaje profundo**, así como la máquina de vector de soporte.

Como resultado de los análisis, se implementaron los algoritmos seleccionados en un ambiente semi-controlado, se programaron usando el **lenguaje programación Python** para generar aplicaciones para la detección de rostro, silueta humana y huella dactilar.

Los sistemas biométricos actualmente han tenido un impacto creciente en diferentes áreas alrededor del mundo, estas van desde el control de acceso hasta la búsqueda y reconocimiento de personas. El desarrollo tecnológico apoyado permite **identificar en forma electrónica a través de una cámara el rostro y la silueta humana, evitando realizar identificaciones erróneas**; además, usando un lector o detector, permite la identificación de una persona a través de sus huellas dactilares. La implementación de este desarrollo deberá considerar las necesidades del usuario final, considerando que le ayudará a la localización efectiva y automática de personas.

Héctor Manuel Pérez Meana y Jesús Olivares Mercado



Desarrollo de sistemas biométricos utilizando rostro, huella dactilar y silueta humana

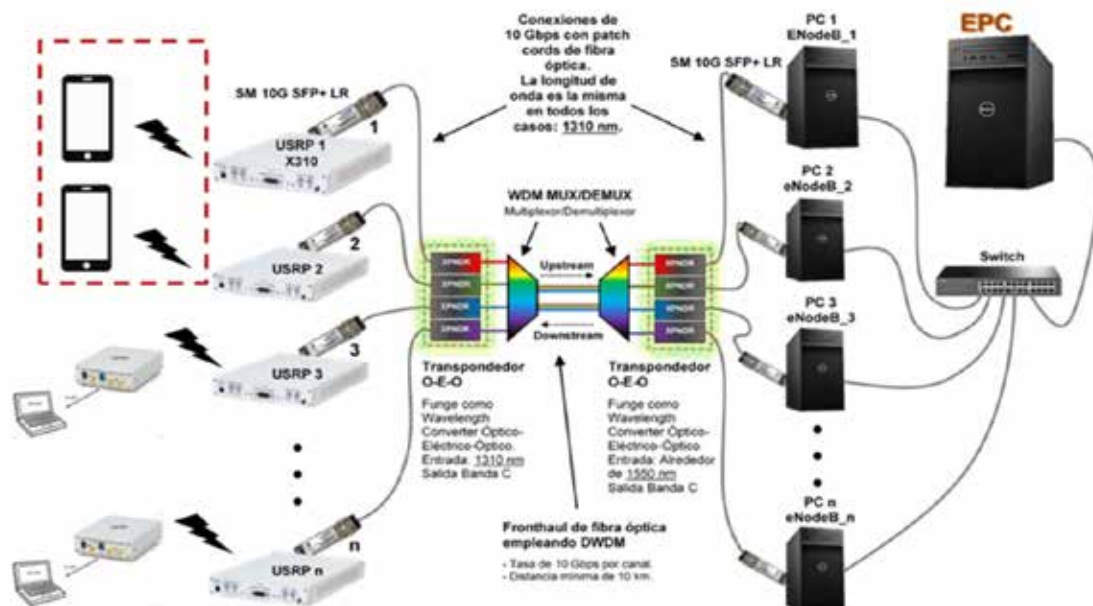
## Desarrollo de infraestructura para la implementación de una Red Celular 5G utilizando un *fronthaul* basado en multiplexación por división de longitud de onda en fibra óptica

INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM

El logro principal de este proyecto, realizado en la UNAM, consistió en **desarrollar e implementar físicamente una red celular (maqueta) 4G/5G**, basada en el uso de **radios programados por software**, así como un enlace de fibra óptica de hasta 21 km de longitud que permitió interconectar de manera escalable una serie de radio-bases de telefonía celular con la unidad centralizada de banda base utilizando para ello tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM, por sus siglas en inglés). El enlace se implementó siguiendo dos configuraciones diferentes basadas en: a) un enlace más robusto y tradicional que emplea **transpondedores ópticos** (que sirven para ampliar la distancia de transmisión mediante la conversión de longitud de onda) y b) un enlace más económico y vanguardista que únicamente utiliza un par **multiplexor/demultiplexor óptico**. Ambas operaron correctamente (a una tasa de 10 Gb/s por canal). Asimismo, se demostraron algunas aplicaciones de gran interés para la Ciudad de México, como es el caso de un **sistema de videovigilancia compuesto por ocho cámaras de alta definición**. Además de la configuración e interconexión de los elementos que conforman la red celular, en un correcto funcionamiento.

Este trabajo de investigación de alta tecnología representa un primer paso para dotar a la Ciudad de México de **infraestructura de comunicaciones propia**, que sirva como base para futuros desarrollos de nuevos servicios y/o aplicaciones que pueda requerir en los próximos años, para **transformar a la Ciudad de México en una ciudad inteligente** que pueda dar acceso a telefonía celular y a Internet en una alternativa viable y de bajo costo.

Ramón Gutiérrez Castrejón



## Módulo para la mezcla automática técnicamente avanzada de biodiesel con petrodiesel, para utilización en puntos de consumo, auto abastos y terminales de almacenamiento

BIOFUELS DE MÉXICO S.A. DE C.V.

El proyecto busca promover la **recuperación y reciclaje de aceite vegetal usado para la producción de Biodiesel en la Ciudad de México**. Y una vez teniendo el biodiesel, desarrollar los instrumentos y equipos de control para **realizar mezclas de biodiesel con hidrocarburos**, de manera exacta en volumen y densidad. Como resultado **ofrecer un módulo con capacidad para cien litros por minuto**, que es la velocidad típica de carga de las bombas “rápidas” para Diesel en los sistemas de abastecimiento para autoconsumo.

De esta manera, se cuenta con un **Módulo para la Mezcla Automática Técnicamente Avanzada de Biodiesel con Petrodiésel**, para su utilización en puntos de consumo, auto abastos y terminales de almacenamiento. La disponibilidad total del equipo de mezclas, es para servir a los fines del programa Ciudad Solar que, a través del Proyecto Biodiesel, fomenta el consumo de mezclas de biodiesel con diesel. **Se tiene la máquina lista para su uso y operación en pruebas piloto, para consumidores y productores de biodiesel**, y cualquier interesado en hacer mezclas de combustibles con aditivos líquidos.

Una vez concluido el proyecto, durante las extensas pruebas de calibración, que permitieron configurar el sistema de control por computadora, se encontraron puntos a mejorar en el gabinete que contiene el sistema hidráulico.

Así mismo, se cuenta con un folleto promocional, facilitando la comercialización del producto. Este folleto muestra una foto de la máquina, y dos fotos de tanques de combustible y biocombustible, que **permiten al lector mirar la facilidad con la que opera el sistema**, a partir del toque de la pantalla del panel de control para elegir la cantidad de litros deseados, o bien el importe en moneda nacional que desea pagar el cliente, a fin de obtener la mezcla fija o variable que selecciona el usuario.

Carlos Alberto Campos Quezada

Módulo para la Mezcla Automática Técnicamente Avanzada de Biodiesel con Petrodiésel



## Desarrollo Tecnológico y de Innovación para Difundir Datos al Sector Educativo, a través de la Televisión Digital ATSC Canal 21 de la Ciudad de México

ACADEMIA DE INGENIERÍA A. C.

El objetivo principal del proyecto es la transmisión de datos (contenidos de información), a través de la infraestructura instalada del canal de televisión del Sistema Público de Radiodifusión de la Ciudad de México, Canal 21, a sectores de interés como: el educativo, el cultural, de seguridad, de salud, laboral, etc.

Se implementó un sistema de **distribución de contenidos tipo broadcast de modo unidireccional**, es decir, difusión de contenidos como programas de televisión o radio, a una amplia audiencia de dependencias educativas simultáneamente, a través de un **sistema de recepción de datos que utiliza la tecnología denominada ATSC**, ampliamente utilizada para la transmisión de televisión digital en América del Norte y otros lugares.

La operación del sistema permitió probar su efectividad y verificar que es posible aplicarlo en distintas dependencias del sector local o federal, a las que se puede hacer llegar un gran volumen de contenidos, que pueden ser distribuidos localmente sin necesidad de una conexión de datos específica aprovechando la infraestructura ya instalada en cada sitio de transmisión de la televisora, evitando con ello una conexión directa de Internet de alta capacidad, lo que reduce los costos y tiempos de su implementación.

La operación del sistema permitió probar su efectividad y verificar que es posible aplicarlo en distintas dependencias del sector local o federal, a las que se puede hacer llegar un gran volumen de contenidos, que pueden ser distribuidos localmente sin necesidad de una conexión de datos específica aprovechando la infraestructura ya instalada en cada sitio de transmisión de la televisora, evitando con ello una conexión directa de Internet de alta capacidad, lo que reduce los costos y tiempos de su implementación.



La ejecución del proyecto **permitió establecer un medio de distribución de contenidos en forma masiva**, sin necesidad de un canal de retorno, aprovechando la infraestructura existente. Realizar esto en el sistema de Radiodifusión de la Ciudad de México, no sólo generó la vinculación con personal de éste sistema, sino también demostrar que **esta tecnología es aplicable a otras televisoras estatales o universitarias** que cubren actualmente casi el 70% del territorio nacional; y que por su **bajo costo en instalación y operación** es factible para llevar contenidos a escuelas de educación básica, sin implicar un gasto adicional, ya que la transmisión la absorbe la propia difusión de señales de televisión.

Guillermo Antonio Medina Flores



## Mapas de ruta tecnológica en áreas prioritarias y determinadas por el Gobierno de la Ciudad de México

KNOWLEDGE AND CAPITAL S.A. DE C.V.

El objetivo de este proyecto, fue impulsar en la Ciudad de México una sociedad más próspera y justa a partir del conocimiento, con la correcta coordinación de actores de innovación asentando las bases para enfrentar los grandes retos de la Ciudad, y así coordinar a múltiples actores involucrados para construir colaborativamente su futuro.

De esta manera se articuló una estrategia de política de investigación, desarrollo e innovación (IDI), consensuada entre los actores de la multi-hélice de los sectores estratégicos de la Ciudad de México que sirvió de guía a las acciones para el fomento del ecosistema de innovación de la Ciudad de México. Se utilizó la herramienta de mapa de ruta tecnológica donde se diseñaron líneas de acción estratégicas y prioritarias bajo las cuales se llevó a cabo una transición tecnológica en sectores específicos.

Para los retos identificados se realizaron diversos mapas de ruta tecnológicos en temas de de electromovilidad, de aplicaciones de materiales gráficos y de tecnologías para la salud de la Ciudad; los cuales fueron posibles tras las vinculaciones establecidas con 14 dependencias de gobierno, 24 centros de investigación y 21 empresas actores de los sectores antes mencionados.

Así mismo, como parte del desarrollo del proyecto se impartieron diversos talleres a personal de la Sectei para la elaboración de mapas de ruta para diferentes temáticas, entre las que destacaron: la red de acuíferos y tecnologías para el agua de la Ciudad de México (dos talleres), la red de energía y tecnologías para el ambiente biodiesel de la Ciudad de México (tres talleres), la red de infraestructura para una ciudad inteligente (industrias creativas) de la Ciudad de México (un taller) y para la red de tecnologías para economía circular y nuevos materiales polímeros compostables de la Ciudad de México (dos talleres).

Bernardo Von Raesfeld Porras  
y Manuel Sandoval Ríos



## Estrategia de solución para homogenizar diferentes plataformas de base de datos para la Contraloría de la Ciudad de México

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA CULHUACAN, IPN

El objetivo de este proyecto fue el diseño y transferencia de conocimiento de modelos de homogenización de plataformas de bases de datos, de múltiples

orígenes en la Secretaría de la Contraloría General de la Ciudad de México (scg) con el propósito optimizar el aprovechamiento de datos para la toma de decisiones operativas.

El proyecto se centró en el diseño, modelado y transferencia de conocimiento de un sistema de Inteligencia Empresarial (Business Intelligence), que es un conjunto de herramientas, procesos y tecnologías diseñadas para recopilar, analizar y transformar datos en información

relevante para la toma de decisiones empresariales. Este sistema fue concebido para ofrecer capacidades avanzadas de consultas y visualización de datos, indicadores y tendencias alineadas con los objetivos estratégicos de la scg.

Se realizó un análisis detallado del objetivo general del proyecto, en estrecha colaboración con la scg. Este proceso implicó múltiples sesiones técnicas para el entendimiento de los modelos de datos, arquitectura tecnológica, proyectos de mediano y largo plazo en referencia a los datos, misión y objetivos, así como los desafíos actuales de la scg. Se identificaron escenarios futuros deseables como las limitaciones y problemáticas de la situación de esa Secretaría, con el objetivo de obtener un resultado realista y con capacidad de implementación en el corto plazo.

El enfoque se centró en dos áreas clave de datos institucionales: las bases de datos de "Declaraciones Patrimoniales" y "Manifiestos de conflicto de interés" a cargo de la scg. Se seleccionó equipo tecnológico compatible con las herramientas existentes y la experiencia del equipo, asegurando así su integración fluida y eficiente.

En ese orden de ideas se realizó un desarrollo tecnológico que fuera totalmente aplicable a los conocimientos y experiencia de los recursos humanos destinados al proyecto. En todo momento durante la etapa de diseño y hasta la culminación del mismo, se mantuvo total alineación con el personal involucrado por parte de la scg dando como resultado que el desarrollo es totalmente funcional y aplicable.

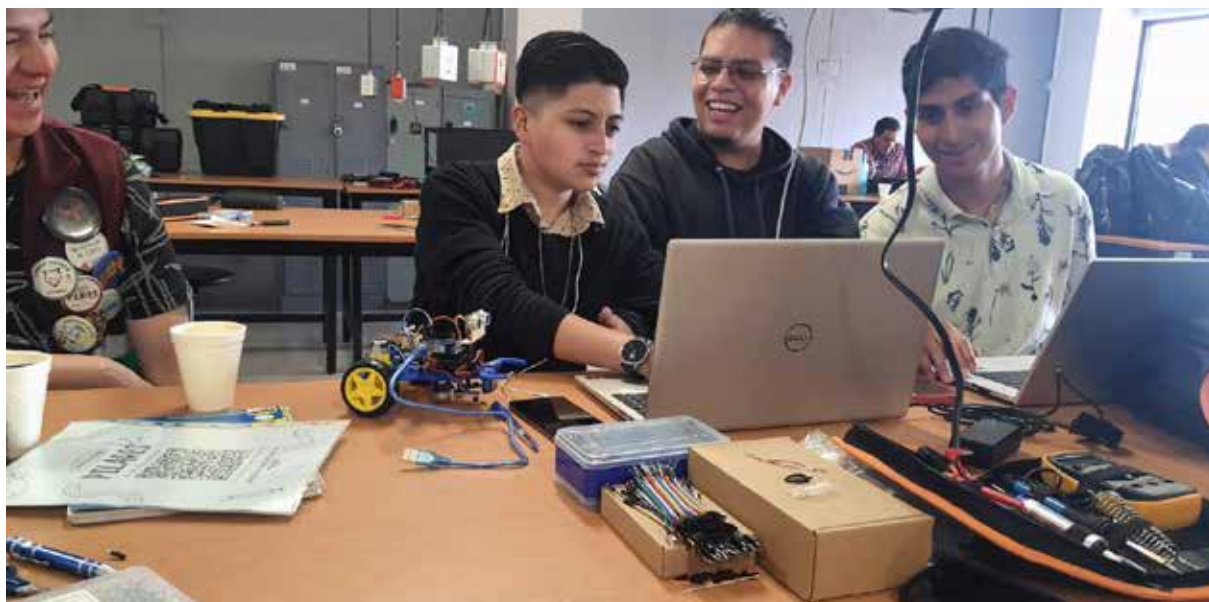
Gabriel Sánchez Pérez, Tirso Martínez Reyes y Luis Alberto Ortiz Meza



## Desarrollo de competencias para la integración de sistemas robóticos en centros Pilares

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

El proyecto tuvo por objetivo acercar a miembros de la ciudadanía, jóvenes, adultos o adultos mayores, al **diseño, desarrollo y ensamblado de sistemas robóticos básicos**, a través de temas fundamentales abordados de manera práctica y didáctica, **incentivando la creación, imaginación e ingenio de los participantes con la finalidad de construir robots para problemas actuales**. Esto se logró implementando cursos de capacitación en los centros Pilares, el Instituto de Educación Medio Superior de la Ciudad de México y la Universidad Rosario Castellanos.



Taller de competencias para la integración de sistemas robóticos



Taller de competencias para la integración de sistemas robóticos en centros Pilares, llevado a cabo en instalaciones del CDIT Vallejo-i

El Instituto Politécnico Nacional con el apoyo de la UPIITA **diseñó y desarrolló un temario** para la Escuela de Robótica para Pilares de la Ciudad de México, con un enfoque STEAM, los cuales incluyeron:

- 1 Introducción a la robótica
- 2 Compuertas lógicas
- 3 Fundamentos de electrónica
- 4 Programación en lenguaje de alto nivel utilizando una plataforma de desarrollo
- 5 Robótica

Con este desarrollo, la Escuela de Robótica para Pilares permitió que se realizaran diversas sesiones de capacitación que **llegaron a más de 55 talleristas**; se han impartido en **más de 112 Pilares** donde se han formado a **15 729 estudiantes**. Además, se realizaron eventos como *“Demostración de Robótica”* y *“Futbolito Robótico”*.

Oscar Octavio Gutiérrez Frías

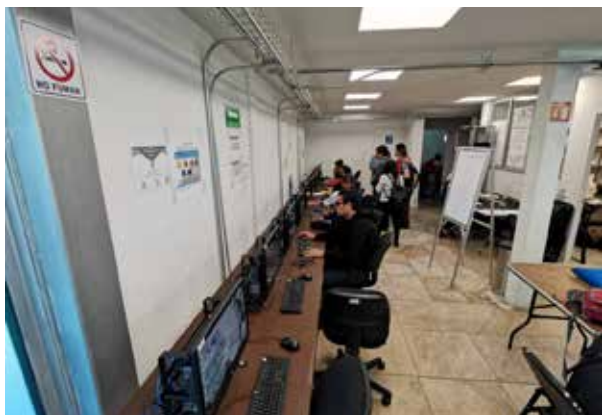
## Diseño de un programa de estudios para la capacitación en programación y habilidades en tecnologías de información y comunicación para la Escuela de Código dentro de los Pilares de la Ciudad de México

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATEMÁTICAS APLICADAS Y EN SISTEMAS, UNAM

El proyecto tuvo por objetivo diseñar un plan de intervención educativa que contribuyera en la participación de la ciudadanía, principalmente mujeres, para su preparación e incorporación en la vida laboral en los empleos del futuro; específicamente, en la formación de conocimientos de programación y habilidades en tecnologías de información y comunicación, dentro de la Escuela de Código de Pilares.



Formación de conocimientos de programación y habilidades en tecnologías de información y comunicación, dentro de la Escuela de Código de Pilares



Con el apoyo del IIMAS, la UNAM diseñó un plan de estudios para implementar una intervención educativa dentro de la Escuela de Código de Pilares. Este plan de estudios está conformado por un módulo propedéutico y cinco módulos temáticos: Conociendo el ambiente de programación; Elaboración de sistemas web; Programación; Desarrollo de aplicaciones móviles; Administración sistema Linux; Bases de datos.

El programa plantea acreditar un módulo a través de la realización de las actividades que lo integran y su correspondiente evaluación, enfocándose en **conocimiento, habilidades y competencias específicas** pertinentes a la temática del módulo. Con excepción del módulo propedéutico, que es requisito común para los otros, todos los módulos están conformados por tres talleres; esta división obedece a establecer estadios en el progreso de la o el participante. Cada taller culmina con una evaluación que determina el nivel de competencia de la persona participante.

**Se ha logrado la implementación del plan de estudios en 136 Pilares con 66 talleristas (36 mujeres y 30 hombres) y una incorporación de más de 20 mil estudiantes.**

Se sentaron las bases del plan de estudios de la Escuela de Código para su implementación en diversos ramales públicos (IEMS, URC, Lunas, Bachillerato en Línea, Alcaldías, ADIP, CDIT, Sedeco, SSC) y privados (Pymes).

Iván Vladimir Meza Ruiz

## Apoyo a la operación del Centro de Aprendizaje del Emprendimiento Tecnológico y Social de la Ciudad de México

### INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES MONTERREY

El proyecto tiene como objetivo implementar un programa integrado de **formación de talento para fomentar el emprendimiento social, tecnológico y científico** utilizando métodos de aprendizaje-enseñanza novedosos que serán soportados por infraestructura física y virtual del Laboratorio de Innovación Abierta del Tecnológico de Monterrey, y que han sido alineados a las necesidades del **Centro para el Aprendizaje del Emprendimiento Tecnológico y Social (CAETS)**, para así fomentar el desarrollo de habilidades y competencias necesarias en el perfil de las y los futuros emprendedores de la Ciudad de México.

De esta manera, el CAETS de la Ciudad de México se consolida como una entidad creada por la Sectei a través de la RED ECOS para **impulsar el ecosistema de emprendimiento en la Ciudad**, apoyando la creación de nuevos productos, servicios, modelos de negocio y empresas mediante una serie de **programas de mentorías y de enseñanza-aprendizaje** que han sido diseñados por investigadores y especialistas en emprendimiento e innovación educativa del Tecnológico de Monterrey.

El CAETS cuenta con un portafolio de programas de enseñanza-aprendizaje que son impartidos en distintas modalidades (presenciales, remotos, e híbridos) y que tienen como objetivo **entrenar y desarrollar las competencias y habilidades que son claves en el perfil del emprendedor actual**. Como parte de la estrategia de la RED ECOS, el CAETS busca promover tres principales tipos de emprendimiento: **Emprendimiento Social, Emprendimiento Tecnológico, y Emprendimiento Científico**, por lo que se le dió seguimiento a 22 proyectos en emprendimiento, **los cuales pretenden resolver problemas prioritarios para la Ciudad de México**

y buscar beneficios para los habitantes de la Ciudad, publicándose así tres artículos científicos en relación a los modelos implementados durante el desarrollo del proyecto, además de la elaboración de un sitio web que contiene material de emprendimiento.

Arturo Molina Gutiérrez  
y Daniel Cortes Serrano

Centro para el Aprendizaje  
del Emprendimiento  
Tecnológico y Social



## Trueque Digital

DEVHIVE S.A. DE C.V.

El proyecto de Trueque Digital, se enfoca a mitigar las principales problemáticas a las que hoy en día las personas estudiantes universitarias de instituciones de educación superior públicas de la Ciudad de México se enfrentan, como son: bajo poder adquisitivo, **falta de vinculación con las empresas, escasa oportunidad de empleo y emprendimiento**, acumulación de bienes duraderos sin uso y desconfianza en negociaciones en internet.

Parte de estos problemas enlistados, provocan la deserción escolar en este nivel de estudios. De esta manera a través de la plataforma digital de Trueque Digital, se busca **apoyar a la comunidad estudiantil de la Ciudad de México para completar sus estudios con éxito**.

**Fomentando a su vez la economía colaborativa** a través del uso de la plataforma; la cual es compatible con la mayoría de los dispositivos para que el alumnado de las universidades puedan registrarse e intercambiar artículos o materiales (escolares, de uso personal, etc.) y servicios (tutorías, apoyo) entre ellos.

El sistema ofrece **herramientas para comunicar, medir y valorar el intercambio, haciendo uso de inteligencia artificial para lograr intercambios justos**. Así mismo, otorga puntajes y recompensas tipo “gamificación” para incentivar el uso de la plataforma. Respecto a la vinculación del proyecto Trueque Digital se estableció un piloto del proyecto con Conalep. Sin embargo, derivado de la falta de comunicación del plantel donde se realizó la primera etapa de dicho piloto no se concluyó el protocolo, pero fue posible realizar la validación entre usuarias y usuarios de las alcaldías Coyoacán y Azcapotzalco, que se vieron beneficiados con el intercambio de productos y servicios de forma segura.

Jonathan Ávila Novoa



Prototipo de plataforma digital para el proyecto Trueque Digital



## Módulo de logística para personas productoras, locatarias, restaurantes, comerciantes y MiPyMEs de la Ciudad de México

COMERCIO ELECTRÓNICO DE PRODUCTORES ECUBI S.A.S. DE C.V.

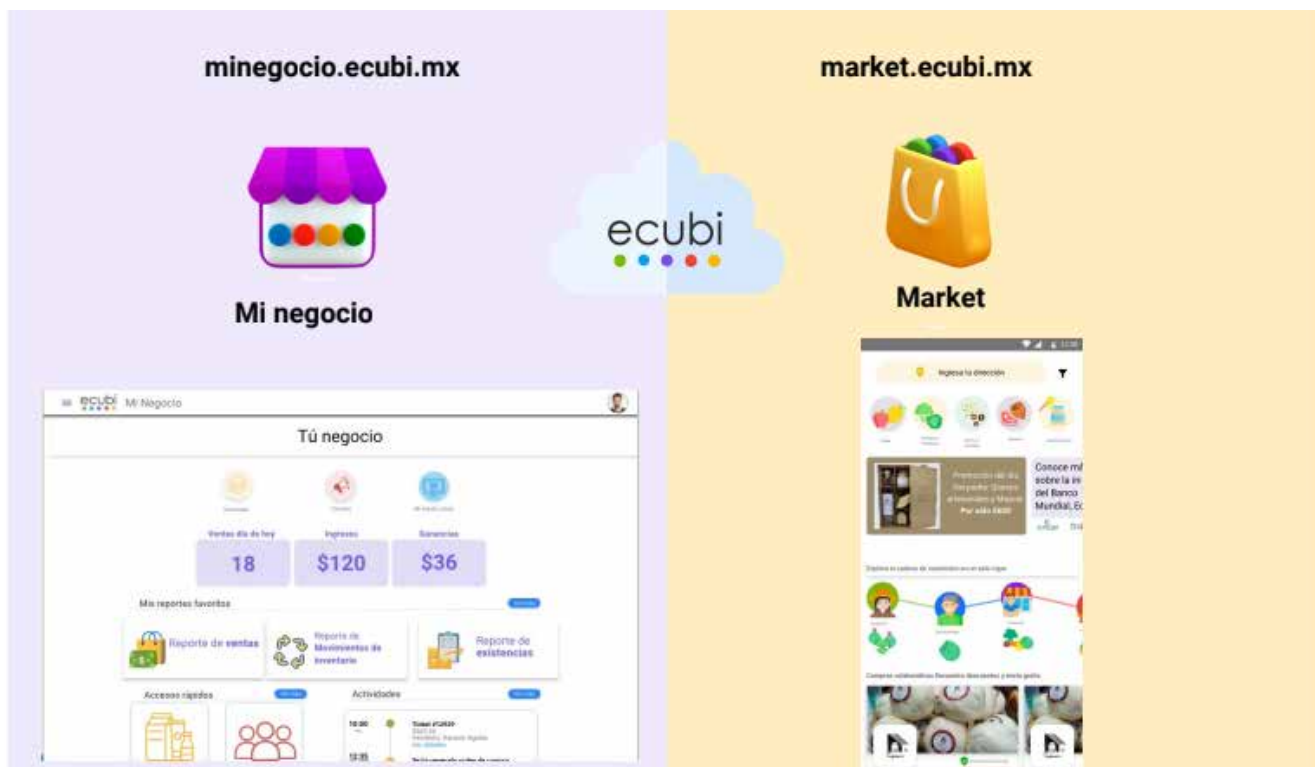
El objetivo del proyecto fue desarrollar el módulo de logística para personas productoras, locatarias, restaurantes, comerciantes y Micro, Pequeñas y Medianas empresas (MiPyMEs) de la Ciudad de México dentro de la plataforma Ecubi Mi Negocio, que permita un ecosistema digital colaborativo, responsable e incluyente, que suscita el emprendimiento, el entrenamiento, la transformación digital de las industrias tradicionales y el desarrollo sostenible e incluyente.

Con la intención de **ayudar a estas pequeñas empresas a mejorar su eficiencia y competitividad en el mercado**, la plataforma Ecubi Mi Negocio ofreció una serie de herramientas tecnológicas y servicios de capacitación que incluyeron la implementación de sistemas de **gestión de inventarios, ventas, creación de tiendas online y redes sociales** para mejorar la presencia en línea de las empresas, así como la capacitación en marketing y publicidad digital.

Además, trabajó en conjunto con la Universidad Autónoma Metropolitana para desarrollar un programa de estudios de formación en negocios digitales,



Plataforma Ecubi Mi Negocio



Comercio electrónico a través de la Plataforma Ecubi Mi negocio

con la finalidad de brindar a las pequeñas empresas las habilidades y conocimientos necesarios para competir en el mundo digital, mejorar su eficiencia y competitividad en el mercado mediante la implementación de herramientas tecnológicas y servicios de capacitación en áreas clave.

Así mismo, se implementaron herramientas y soluciones tecnológicas para ayudar a los negocios a mejorar su eficiencia en la administración y logística, como por ejemplo un **sistema de rastreo y seguimiento de pedidos**, una **plataforma de pagos seguros** y un **sistema de gestión de inventarios**. También se brindó asesoría y soporte técnico a los negocios para ayudarles a utilizar estas herramientas de manera efectiva.

De esta manera se logró una iniciativa conjunta: "Modernizando mi negocio" con Sectei y la Alcaldía de Azcapotzalco, la cual estuvo dirigida a MiPyMEs, preferentemente **tiendas de abarrotes, estéticas, papelerías, restaurantes y cafeterías**, establecidas o con sede en la Alcaldía Azcapotzalco de la Ciudad de México; donde los comercios seleccionados tuvieron acceso sin costo al software de punto de venta para registrar ventas y administrar mejor su negocio, dentro de la tienda en línea para aumentar sus ventas y recibir un póster con el código QR correspondiente a la plataforma Ecubi, **contribuyendo así en la reactivación económica local, logrando un padrón de 72 beneficiarias finales.**

Homero Pineda Guzmán y Aníbal Pineda Guzmán

## Recíclatelo, aplicación móvil que promueve la economía circular y el reciclaje inclusivo en la Ciudad de México

SUSTENTABILIDAD EN ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A. DE C.V.

El proyecto busca **promover la recuperación y reciclaje de envases, empaques y embalajes plásticos residuales** generados por las y los habitantes a través de la implementación de un modelo solidario de gestión de residuos basado en una **aplicación móvil que permite conectar a fabricantes de productos empacados en plástico y a personas consumidoras-generadoras de residuos con los trabajadores y trabajadoras del sistema de limpia** y centros de acopio de la Ciudad de México.

Esta aplicación llamada Recíclatelo que posteriormente cambia a Recíclalo, cuenta con un sistema de incentivos organizado en tres módulos: **Recíclalo Usuarios, Recíclalo Recolectores y Recíclalo Negocios**, a través del cual se está promoviendo en la Ciudad de México la recuperación y el reciclaje de envases y empaques desde su etapa de pos consumo, etapa en la cual están directamente relacionados y conectados productoras, consumidoras y aquellas personas dedicadas a la recuperación y acopio de materiales con potencial para ser reciclados.

De esta manera, **se ha evitado que 15,753 envases y empaques** (entre materiales plásticos PET, HDPE, PP, aluminio y hojalata) **terminen en rellenos sanitarios o tiraderos abiertos**, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos del Programa Basura Cero, asegurando la recuperación y el envío a plantas de reciclaje de materiales.

Se realizó una prueba piloto en las alcaldías de Álvaro Obregón y Azcapotzalco donde se realizaron actividades de campo para probar la plataforma con el público, impulsar el **Plan de Reactivación Económico Verde para negocios locales e invitar a participar a trabajadores de limpia en la zona**. Esta prueba piloto se diseñó bajo un modelo de intervención en el que jóvenes líderes que viven en la Ciudad de México pudieran fortalecer sus habilidades de liderazgo y comunicación, al mismo tiempo que recibían capacitaciones sobre temas de residuos, economía circular y reciclaje inclusivo.

Rubén Jahir Mojica Hernández



## Ampliación del proyecto Reciclalo App para contemplar el reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos

RECICLALO INNOVACIÓN, S.A. DE C.V.

El objetivo del proyecto fue desarrollar el módulo de aparatos electrónicos para la Ciudad de México dentro de la aplicación móvil Reciclalo App, que permite conectar a la ciudadanía a través de un mecanismo de incentivos con las opciones de retorno y transformación de dichos residuos.

La problemática atendida se enfoca a que, en México se generan 1,220,000 toneladas de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), de los cuales sólo el 3% es recolectado, ya que deben tener un proceso muy cuidadoso de manejo desde el acopio hasta su reciclaje y disposición final, que por prácticas como la quema, desmantelamiento, trituración o disposición final inadecuada se liberan sustancias nocivas para la salud como **plomo, cromo, cadmio, entre otros**; que afectan el agua, el suelo, el aire y al ecosistema en su conjunto. Actualmente no existe una conexión efectiva entre la ciudadanía y las opciones de recuperación de materiales con potencial para ser reincorporados a cadenas productivas,

Por lo que, este proyecto propone una solución tecnológica a través del desarrollo del módulo de registro de RAEE dentro de Reciclalo App Usuarios, para premiar, por medio de un modelo de incentivos, a quienes registran y entregan a cadenas de valor residuos con potencial de reciclaje; los cuales se dirigen a distintos puntos de entrada a nuevas cadenas de valor (reuso, reparación, remanufactura, supra reciclaje, reciclaje e infra reciclaje, etc.), incrementando la circularidad de la economía de la Ciudad de México.

El desarrollo tecnológico se compone de un módulo en Reciclalo App de descarga gratuita, disponible para dispositivos Android y del centro de operaciones web que permite al Gobierno de la Ciudad de México la visualización de métricas y la obtención de información clave para la toma de decisiones.

Leidy Lorena Velasco Samuel

Desarrollo de la aplicación móvil Reciclalo App



## Medición no invasiva de glucosa: mejora del dispositivo, calibración, pruebas y transferencia al sector salud de la Ciudad de México

ENERGÍA AZUL S.A.DE C.V.

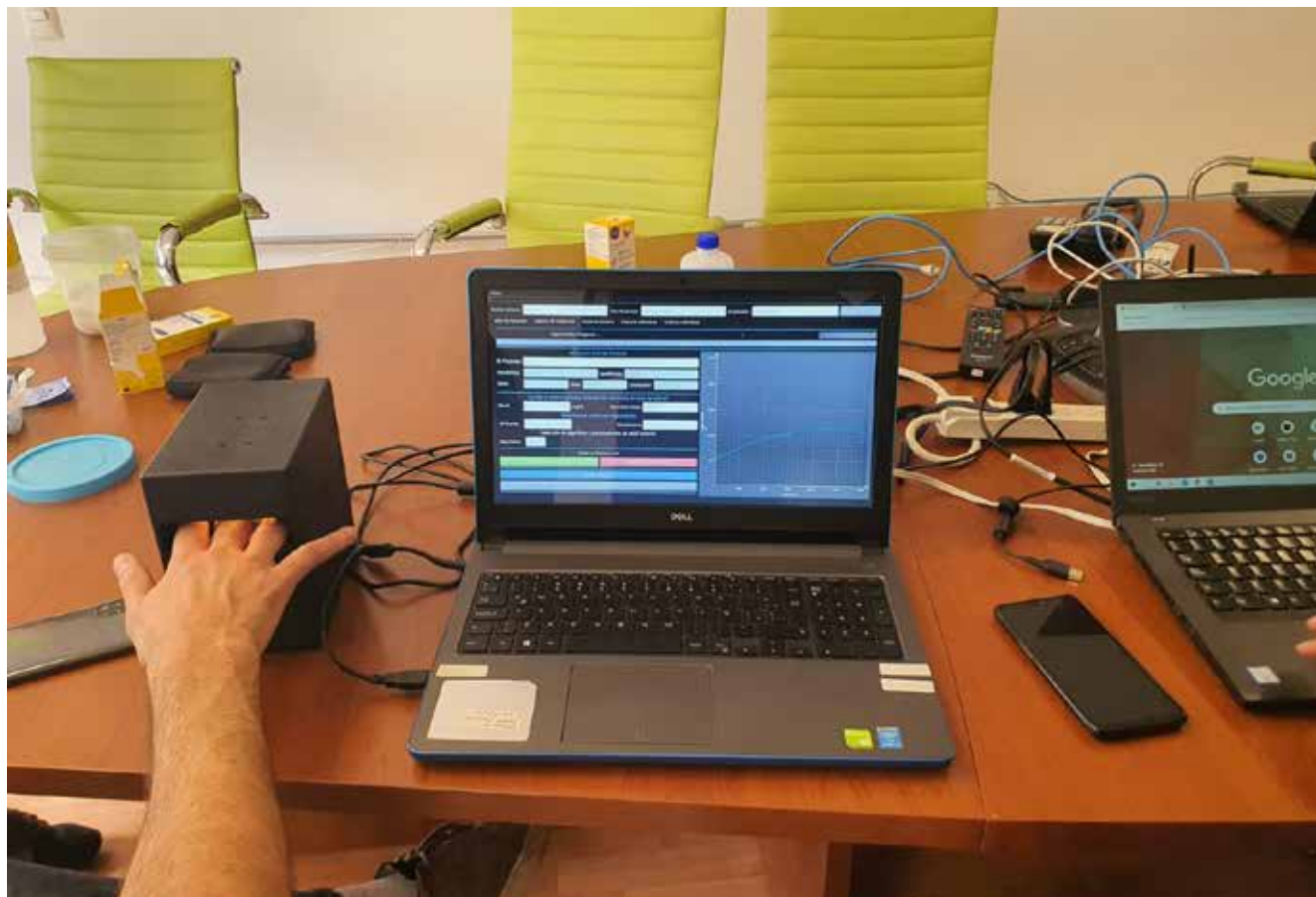
El objetivo de este proyecto fue **implementar un nuevo sistema no invasivo con mejoras en calibración para la medición de glucosa**, a través de un dispositivo más compacto, ergonómico, calibrado, estable, preciso y confiable, útil para realizar las pruebas en el sector salud dentro de la Ciudad de México.

Con la finalidad de solucionar diferentes cuestiones relacionados con la diabetes tipo II, y la forma en que los pacientes monitorean su glucosa de forma invasiva varias veces al día, colocando en una tira reactiva una gota de sangre obtenida de un dedo, donde **la medición se lee con un lector electrónico que entrega el resultado de glucosa después de unos segundos**. Si bien, esos aparatos producen resultados cuantitativos cercanos a los que se obtienen por medio de análisis de laboratorio, cada verificación de glucosa implica el uso y gasto de lancetas de punción y tiras reactivas.

Para solucionar este problema, el monitoreo de glucosa de forma no invasiva a través de un dispositivo funcional contenido en un paquete tecnológico durante esta fase se realizaron las adaptaciones necesarias a la interfaz, con el objetivo de mantener el control de los pacientes y homologarlo con las bases de datos



Sistema no invasivo de visión artificial para la medición capilar de glucosa



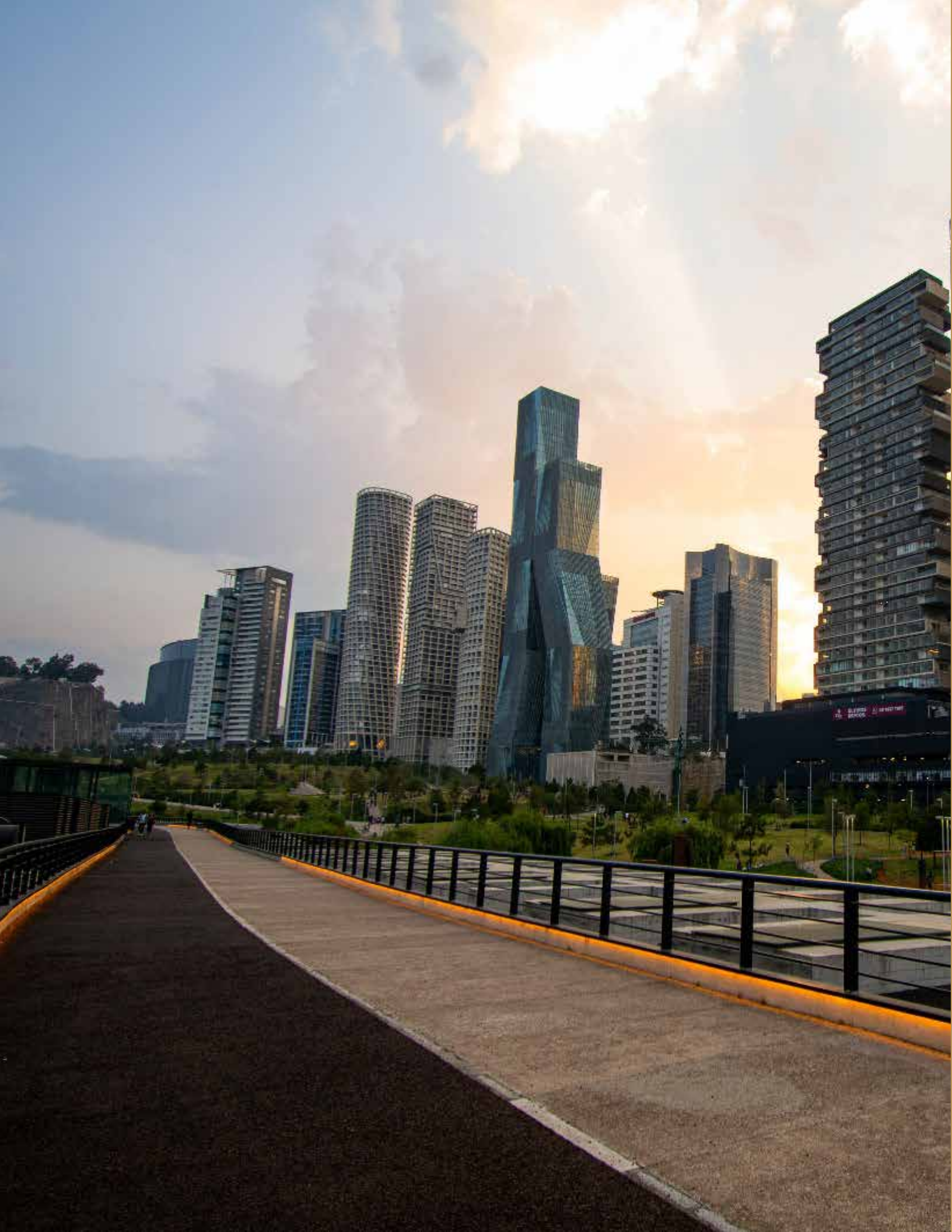
Mejora de dispositivo, calibración, pruebas y transferencia al sector salud de la Ciudad de México para la medición no invasiva de glucosa

que tienen las clínicas con las del sistema. Además, de la adquisición y homologación de señales para los diferentes dispositivos fabricados. Se implementaron los algoritmos de clasificación y regresión de acuerdo con los rangos de glucosa señalados en los objetivos específicos.

En una primera etapa, se realizaron pruebas a partir de la gráfica de error de Parker a través de 40 mediciones obtenidas con los pacientes atendidos en la clínica de Iztapalapa durante abril de 2021. Se **logró un 95% de predicciones clínicamente aceptables**, derivado de los trabajos con el Centro Nacional de Metrología para validar que se está midiendo glucosa obteniéndose muy buenos resultados donde se pudo identificar tres niveles de glucosa baja, media y alta (clase 1, clase 2 y clase 3).

En la segunda etapa, se realizaron pruebas en el sector salud dentro del INCMNSZ donde se le tomó muestra a más de 8 mil pacientes dentro de la Ciudad de México teniendo una eficacia del 89.8%.

Rodrigo Cabrera Alonso



# EPÍLOGO

Al culminar este ciclo de seis años, es inevitable reflexionar sobre el impacto transformador que la RED ECOS ha tenido en la Ciudad de México. Desde su fundación, esta Red ha demostrado ser un modelo excepcional de colaboración interdisciplinaria e interinstitucional y un faro de innovación en medio de desafíos globales y locales.

Esta Red ha logrado sus metas integrando a instituciones académicas, centros de investigación, organismos gubernamentales y sociedad civil persiguiendo un objetivo común: el desarrollo sostenible y el bienestar de la comunidad, a través de sus seis ejes temáticos, que han sido el marco en el que se han gestado más de 300 proyectos colaborativos, cada uno con un impacto tangible en la vida de los ciudadanos.

En particular, la respuesta a la pandemia de Covid-19 ha evidenciado la capacidad de la Red para adaptarse y liderar en tiempos de crisis. Los avances en biotecnología, vigilancia epidemiológica y desarrollo de tecnologías sanitarias no solo han reforzado nuestras capacidades para enfrentar emergencias, sino que también han establecido un precedente para futuras colaboraciones interinstitucionales.

El compromiso con la educación ha sido uno de los pilares más notables de este ciclo. La creación de nuevas universidades y el fortalecimiento del sistema educativo han sido facilitados por la sinergia generada en el seno de la RED ECOS, reflejando un profundo entendimiento de la importancia de una educación de calidad para el progreso social y científico.

Asimismo, la infraestructura científica y tecnológica de la Ciudad ha sido enriquecida gracias a la colaboración efectiva entre entidades, permitiendo el desarrollo de investigaciones punteras y la formación de la próxima generación de líderes científicos. Este esfuerzo ha sido fundamental para posicionar a la Ciudad de México como un referente en el ámbito de la ciencia y la tecnología.

El camino recorrido no ha estado exento de desafíos, pero la resiliencia y el compromiso de todos los participantes han sido la clave para superar obstáculos y alcanzar logros significativos.

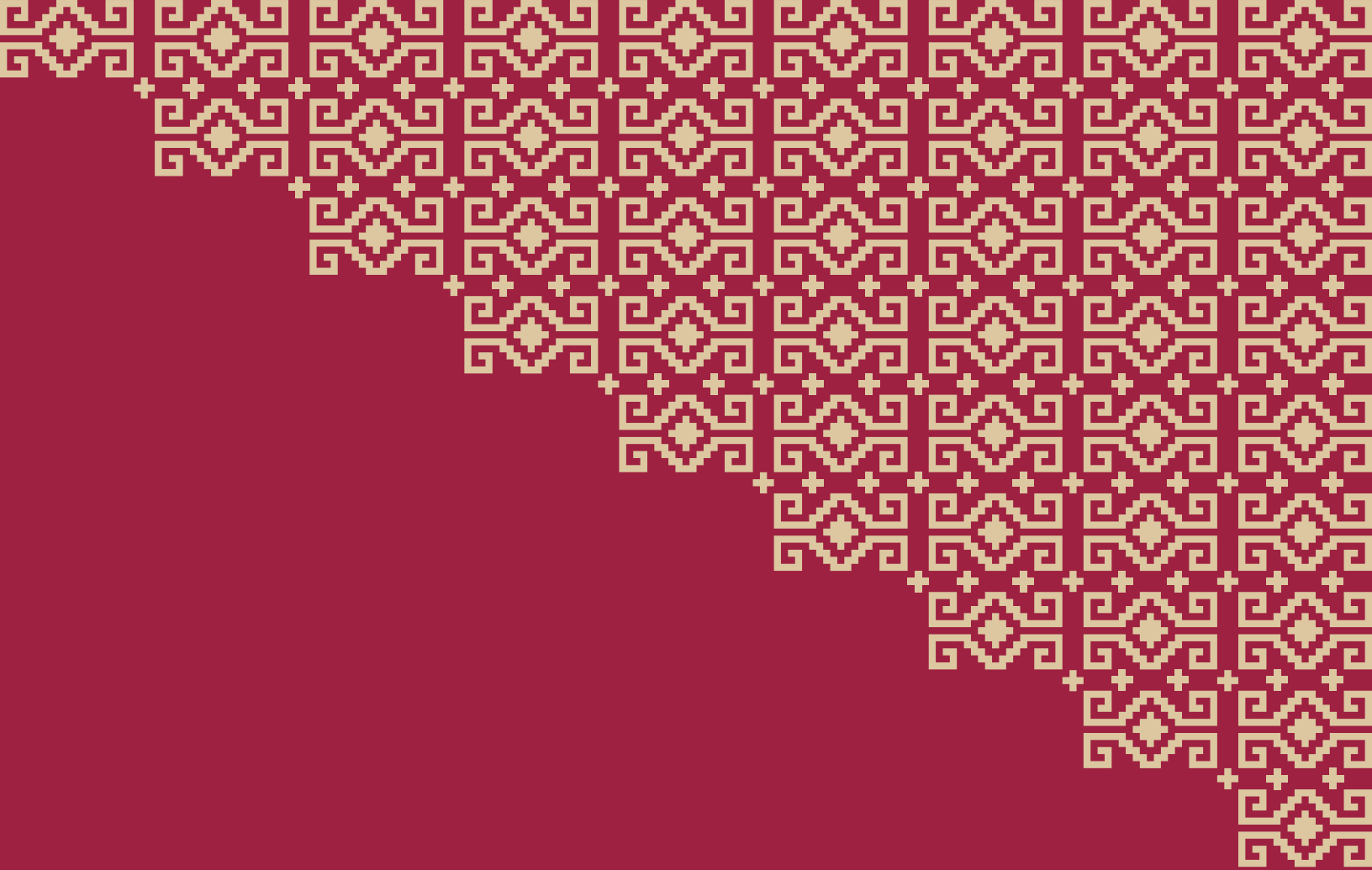
El legado de la RED ECOS perdurará, no solo en los resultados de los proyectos realizados, sino en la cultura de colaboración y el espíritu de innovación que ha cultivado. Miramos hacia el futuro con la certeza de que, al continuar trabajando juntos, lograremos aún mayores hitos en el desarrollo científico y tecnológico de nuestra Ciudad.

Sigamos adelante, con el compromiso renovado de transformar desafíos en oportunidades y de construir una ciudad más equitativa, próspera y avanzada.

**Dra. Lorena Sofía Orozco**

SUBSECRETARIA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN





**SECTEI** | **RED ECOS**

CIUDAD **INNOVADORA**  
Y DE **DERECHOS**