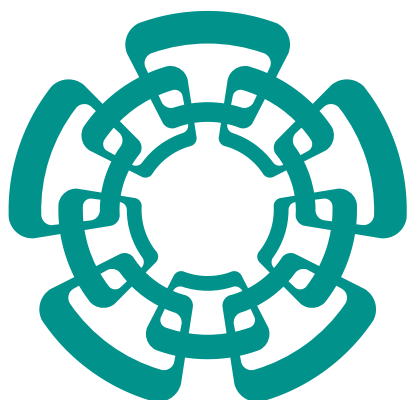




Cinvestav

CENTRO DE
INVESTIGACIÓN
Y DE ESTUDIOS
AVANZADOS DEL IPN

EXCELENCIA EN INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Índice

Mensaje del Director	4
El Cinvestav a través de los años	6
El Cinvestav en números 2021	10
Presencia en México	12
Áreas de Investigación	
Ciencias Exactas y Naturales	16
Ciencias Biológicas y de la Salud	20
Tecnología y Ciencias de la Ingeniería	24
Ciencias Sociales y Humanidades	28
Proyectos Emblemáticos	
Seguridad informática y criptografía digital	34
Sobre el origen del maíz: integrando la biología de su genoma	36
Cítricos que mitigan la enfermedad del dragón amarillo (Huanglongbing)	38
El detector Solenoide Compacto de Muones (CMS)	40
Las matemáticas en el currículo mexicano: una perspectiva internacional	42
La internacionalización del Cinvestav	44

Mensaje del Director

Nuestro lema **“Excelencia en Investigación y Posgrado”** resume claramente las dos misiones del Cinvestav: realizar investigación básica y aplicada de clase mundial y formar maestros y doctores que sirvan como base de la capacidad científica de nuestro país.

La misión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (Cinvestav) es realizar investigación básica y aplicada de vanguardia, generar recursos humanos científicos y tecnológicos de alto nivel y desarrollar tecnología para la solución de problemas nacionales. El Cinvestav ha recibido distinciones internacionales, como el reconocimiento de la OCDE: "Cinvestav es una institución muy impresionante que muestra que cuando se le dan los medios a una institución con capacidad de liderazgo y liberada de la burocracia tradicional, México puede poseer instituciones de educación y de investigación de clase mundial."

Un número significativo de nuestros graduados laboran en instituciones de prestigio mundial, como la Universidad Stanford, la Universidad de California, la Universidad de Toronto y los Institutos Max Planck.

En México el Cinvestav ha contribuido a la construcción de una comunidad científica sólida, con casi 16,000 graduados de nuestros programas de maestría y doctorado, que llevan a cabo proyectos de investigación internacionalmente reconocidos en centros nacionales de investigación y en universidades públicas y privadas de todo el país.

Los investigadores han recibido distinciones nacionales e internacionales y sus trabajos son frecuentemente citados.



DR. JOSÉ MUSTRE DE LEÓN
Director

Entre los proyectos sobresalientes se encuentran la secuenciación completa del genoma de maíz en nuestra Unidad de Genómica Avanzada en 2009, la participación de investigadores del Departamento de Física en el descubrimiento del bosón de Higgs en el Centro Europeo de Investigación Nuclear (CERN) en 2014, y la descripción del papel del colesterol en la propagación del virus del Zika por investigadores del Departamento de Infección en 2016.

Nuestros grupos de investigación también han logrado desarrollar conocimiento aplicado que los vincula al sector industrial a través de asociaciones con IBM, Hewlett-Packard, Continental e Intel, entre otros. El uso de cultivos de piel humana para el tratamiento de quemaduras graves desarrollados en nuestro Departamento de Biología Celular fue licenciado a la empresa Bioskinko. Colaboraciones de este tipo han sido fundamentales para el establecimiento de centros de desarro-

llo de investigación y tecnología, como el Centro Intel en el estado de Jalisco. Finalmente, deseo resaltar la diversidad de nuestra institución. Tenemos estudiantes de 49 países y alrededor del 15% de los investigadores en nuestros grupos académicos provienen de 30 países. En el Cinvestav estamos convencidos de que el progreso en la ciencia sólo es posible a través de la cooperación abierta, como lo refleja el hecho de que 80% de nuestras publicaciones se realizan en colaboración con otras instituciones, nacionales e internacionales.

Les damos la bienvenida al Cinvestav confiados de que, como estudiantes, investigadores o socios industriales, encontrarán excelentes oportunidades en nuestras 11 unidades académicas. Disfrutarán del trabajo científico que hacemos aquí, tanto como nosotros.

José Mustre
Director General

Cinvestav a través de los

El campus de Zacatenco en Ciudad de México fue inaugurado por el presidente Adolfo López Mateos el 5 de julio de 1963 con cuatro departamentos: Fisiología, Matemáticas, Física e Ingeniería Eléctrica. El Cinvestav ha crecido a lo largo de los años y actualmente comprende once unidades en diez ciudades en el país. Cada unidad se enfoca en desarrollar proyectos regionales estratégicos en colaboración con gobiernos locales, instituciones de investigación y la industria.

*"La excelencia
se puede lograr
cuando las
instituciones
preparan
discípulos que son
mejores que sus
maestros".*

ARTURO ROSENBLUETH
Director Fundador



años



El Cinvestav fue creado por el gobierno federal en 1961 con el objetivo de integrar la investigación de punta con la formación de recursos humanos de alto nivel en México.



El Cinvestav ha graduado más de

10,757 Maestros y

5,108 Doctores

en Ciencia en sus 66 programas académicos



CORTESÍA: JORGE LUIS HERNÁNDEZ TORAL
SANAS, UMI-LAFMIA, Cinvestav

Muchos de sus graduados son investigadores destacados en sectores científicos, académicos e industriales en México y en el extranjero. Los investigadores del Cinvestav han recibido numerosos premios y distinciones, entre los que destacan 27 Premios Nacionales de Ciencias y Artes otorgados por el gobierno mexicano, 36 Premios de Investigación

Científica de la Academia Mexicana de Ciencias y cinco Premios de la Academia Mundial de Ciencias (Trieste). A través de los años, siete de sus investigadores han sido elegidos para ser miembros del prestigioso Colegio Nacional, la reconocida institución académica que reúne a destacados científicos, artistas y escritores mexicanos.

A lo largo de su historia, el Cinvestav ha cumplido su misión y se ha convertido en líder en investigación científica y tecnológica, proporcionando educación de posgrado en investigación básica y aplicada. De esta forma ha desempeñado un importante papel en la promoción del desarrollo nacional.

Cinvestav

en números

2021

2900

Estudiantes registrados

610

Investigadores de tiempo completo

594

Estudiantes Graduados



Maestros

345



Doctores

249



Unidades en México

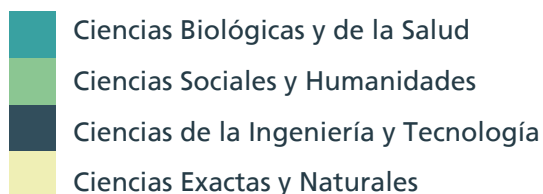
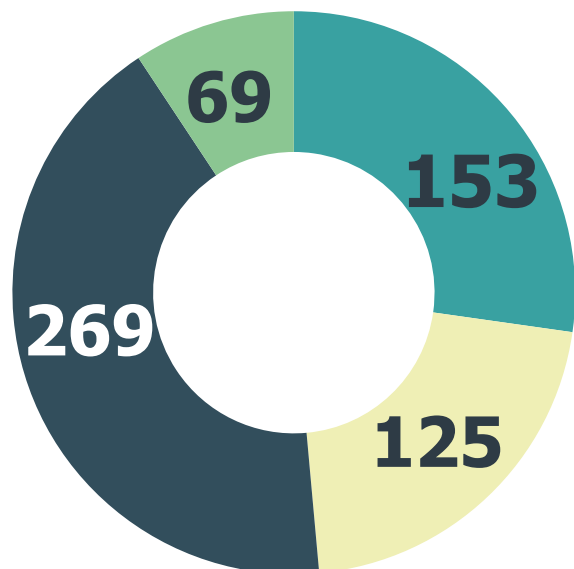
93 %

De los investigadores son miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI)

Estudiantes externos en estancias académicas o prácticas científicas

140

Investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores



Clasificación entre Centros Nacionales de Investigación en México



No.4 en América Latina*

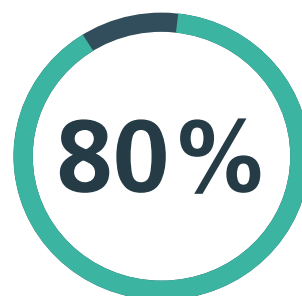
**Laboratorio de Cibermetría, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España*

Programas Académicos

100%

Certificados en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Financiamiento de la Secretaría de Educación Pública



Publicaciones en revistas que forman parte del *Journal Citation Reports*

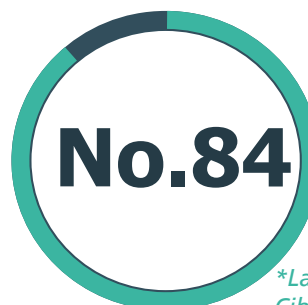
1,703



Citas en el *Web of Science*

1704

Clasificación en el índice mundial transparente de centros de investigación



**Laboratorio de Cibermetría, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España*



Unidad Saltillo



Unidad Guadalajara

Presencia en México





Unidad Monterrey



Unidad Tamaulipas



Unidad Querétaro



Unidad Mérida



Unidad Zacatenco y Sede Sur



Unidad Irapuato y Unidad de Genómica Avanzada



Abacus Unidad Estado de México

Áreas

de Investigación

**Ciencias
Exactas y
Naturales**

**Ciencias
Biológicas y
de la Salud**

**Tecnología y Ciencias
de la Ingeniería**

**Ciencias Sociales
y Humanidades**

Ciencias Exactas y Naturales

Departamentos Académicos

- Química
- Matemáticas
- Física
- Física Aplicada



Infraestructura
experimental
especializada
proporciona a los
investigadores
los medios para
llevar a cabo una
investigación de
primera clase.

El **Departamento de Química** fue fundado hace más de cinco décadas. Los grupos de investigación desarrollan proyectos en fisicoquímica, química biológica, y química orgánica, inorgánica y teórica. Los investigadores han recibido el reconocimiento de la comunidad académica, tanto en el país como en el extranjero. El departamento es líder en la formación de nuevos investigadores.

Los **Departamentos de Física** en Zateco y de **Física Aplicada** en Mérida abordan una amplia gama de temas de investigación que van de la física de partículas elementales al estado sólido, y de la física matemática hasta la física de materia suave. El objetivo principal de ambos departamentos es la generación de cono-

cimiento científico básico, así como la investigación aplicada con impacto social en contextos nacionales e internacionales.

En el campo de las partículas elementales, los investigadores buscan comprender cuatro fuerzas fundamentales: la gravedad, el electromagnetismo y las interacciones débiles y fuertes. En física estadística, los grupos de investigación se centran en comprender y predecir los sistemas líquidos en función de su naturaleza molecular. En estado sólido, se estudia la superconductividad desde perspectivas teóricas y experimentales, mientras que en física matemática se trabaja para encontrar soluciones a las ecuaciones de Einstein y los problemas generales de relatividad, la geometría del espacio-tiempo



en los agujeros negros y la naturaleza de la materia oscura y la gravitación cuántica.

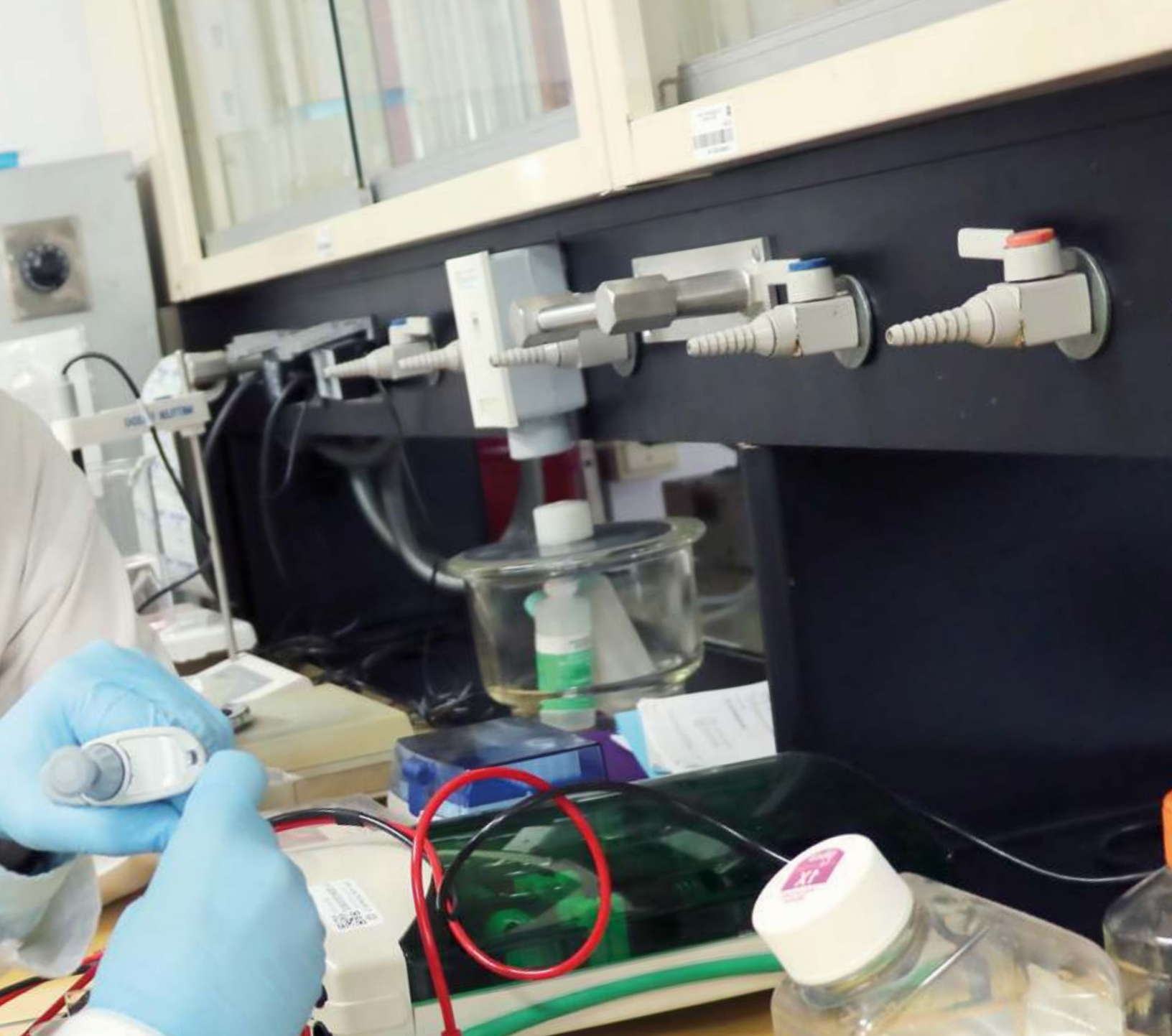
Desde su inicio, el **Departamento de Matemáticas** ha sido líder en investigación matemática en México, centrándose en los fundamentos matemáticos de la computación, la topología algebraica, la teoría de la probabilidad y los juegos estocásticos, así como el estudio de la variable compleja. El prestigio internacional del departamento ha crecido constantemente en reconocimiento a la calidad de la investigación producida y de los programas de capacitación de investigadores de alto nivel. El programa de doctorado, en particular, ha sido designado como uno de los mejores en América Latina.

Los miembros del Departamento de Física participan en colaboraciones *Big Science*: en física de partículas, los experimentos CMS y ALICE en el CERN, Suiza, y el experimento Belle II en Tsukuba, Japón; en física de rayos cósmicos, los observatorios Pierre Auger (Argentina) y HAWC (México)





Ciencias Biológicas y de la Salud



Departamentos Académicos

- Biomedicina Molecular
- Bioquímica
- Farmacología
- Farmacobiología
- Genética y Biología Molecular
- Fisiología, Biofísica y Neurociencias
- Infectómica y Patogénesis Molecular
- Toxicología
- Recursos del Mar
- Ingeniería Genética
- Biotecnología
- Física Médica
- Biología Celular



El Área de Ciencias Biológicas y de la Salud (CBS) comenzó con el Departamento de Fisiología (ahora el **Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias**), establecido por el director fundador del Cinvestav, el Dr. Arturo Rosenblueth. En la actualidad, los dos campus de Ciudad de México albergan también los departamentos de **Biología Celular, Biomedicina Molecular, Bioquímica, Farmacología, Genética y Biología Molecular, Farmacobiología, Infectómica y Patogénesis Molecular y Toxicología**. Además, otros departamentos del área de CBS están ubicados en unidades regionales: el Departamento de **Recursos del Mar** en Mérida, Yucatán; los Departamentos de

Ingeniería Genética y Biotecnología y Bioquímica en Irapuato, Guanajuato; y el Departamento de **Física Médica** en Monterrey, Nuevo León.

Como institución de investigación científica el Cinvestav ha puesto énfasis en el estudio de enfermedades infecciosas, desarrollando proyectos en los campos de la biología molecular y celular de infecciones virales, bacterianas y parasitarias, la patogénesis y la inmunología de infecciones frecuentes en México y la entomología mo-

Una gran diversidad de proyectos de investigación se llevan a cabo en el área de ciencias biológicas y de la salud, como el estudio de diversas enfermedades infecciosas, crónicas y neurodegenerativas.



lecular de vectores, así como en el diseño de nuevas vacunas. Los investigadores del área de CBS analizan enfermedades como la arbovirosis, la amibiasis, la giardiasis, el paludismo, la enfermedad de Chagas, la tricomoniasis, la toxoplasmosis, la cisticercosis y la leishmaniasis.

Los proyectos en esta área se enfocan además en el estudio de enfermedades crónicas, en particular cáncer y diabetes, pero también distrofias musculares y ciertas enfermedades inflamatorias crónicas (como el síndrome de Crohn) y neurodegenerativas (por ejemplo, esclerosis múltiple, enfermedad de Alzheimer y enfermedad de Parkinson). Otras investigaciones se ocupan de las terapias génicas alternativas y la genotipificación de microorganismos de interés médico y biotecnológico.

La investigación farmacológica se centra en los efectos de las drogas en el funcionamiento normal y patológico del sistema nervioso central, el sistema cardiovascular y el hígado, así como en la búsqueda de terapias efectivas para enfermedades relevantes para la población mexicana. Los estudios toxicológicos miden los niveles de exposición y los efectos biológicos resultantes del contacto con contaminantes de importancia para la salud ambiental en México. Los resultados de estos trabajos generan información relevante que puede utilizarse para establecer políticas de salud pública.

Investigadores del Departamento de **Recursos del Mar** analizan la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales de la zona costera mediante la investigación en temas relacionados con la acuicultura, la pesca y la biotecnología.

En los Departamentos de **Ingeniería Genética** y **Biotecnología** de la Unidad Irapuato, los investigadores desarrollan proyectos en bioquímica y biología molecular de plantas, con estudios de interacciones entre plantas y hongos, insectos, bacterias y virus o viroides.



Tecnología y Ciencias de la Ingeniería

A detailed black and white photograph of industrial machinery, featuring large, interlocking metal gears and various mechanical linkages. The lighting highlights the metallic textures and the precision of the engineering.

Departamentos Académicos

- Biotecnología
- Biotecnología de Plantas
- Control Automático
- Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación
- Ingeniería Cerámica
- Ingeniería Metalúrgica
- Nanociencias y Nanotecnología
- Ciencias de Materiales
- Ingeniería Eléctrica
- Robótica y Manufactura Avanzada
- Recursos Naturales y Energéticos Sustentables
- Sistemas Autónomos de Navegación Aérea y Submarina
- Tecnologías de la Información
- Computación

El Área de Tecnología y ciencias de la Ingeniería en el Cinvestav se inició con el Departamento de **Ingeniería Eléctrica**. Este fue también el primer departamento en el país en ofrecer un programa de posgrado en ingeniería eléctrica. En respuesta a la creciente demanda de investigación y capacitación de alto nivel en esta área, se agregaron otras ramas de la ingeniería y se fundaron los Departamentos de **Computación** y **Control Automático**. La investigación llevada a cabo en estos

departamentos se enfoca en diversos temas como la bioelectrónica, las comunicaciones, la mecatrónica, la teoría de la computación, la inteligencia artificial, las matemáticas avanzadas y la teoría del control automático.

El Centro de Tecnología de Semiconductores, creado en sus inicios como una alianza entre IBM y Cinvestav en 1988, fue precursor del Departamento de **Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación** en la Unidad Guadalajara.



Ganadores de la primera competencia de vehículos autónomos a escala en México 2017

El Cinvestav ha establecido Unidades en Saltillo, Guadalajara, Querétaro y Tamaulipas en respuesta a las demandas tecnológicas regionales y en colaboración con los gobiernos estatales y la industria.

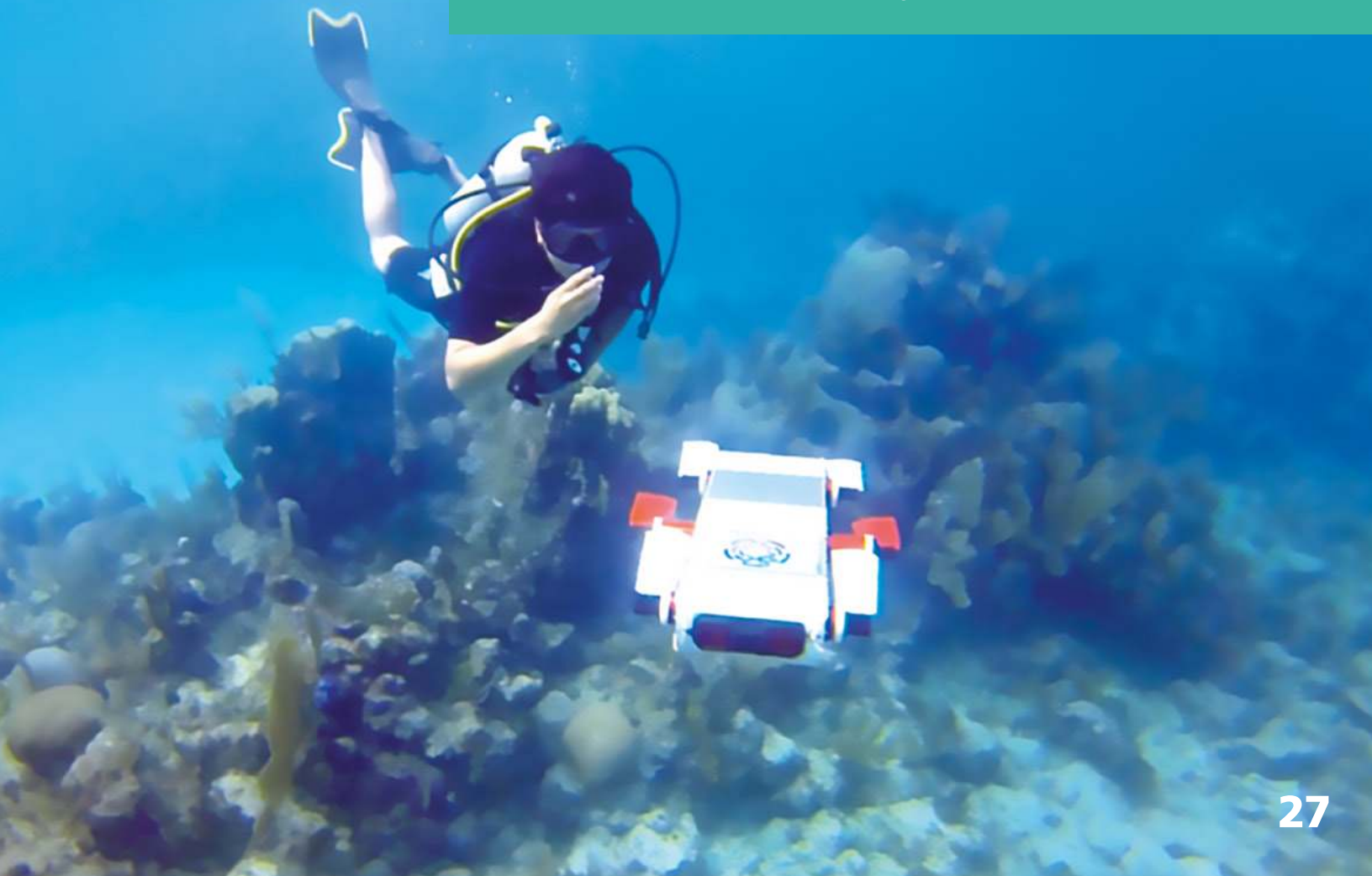
Actualmente, los investigadores de este departamento desarrollan proyectos en informática, sistemas de energía eléctrica, control automático, diseño electrónico y telecomunicaciones. La institución es un recurso definitorio para la industria electrónica nacional, atrayendo a grandes empresas a esta región que aprovechan una fuerza de trabajo altamente capacitada proporcionada por los excelentes programas de educación de posgrado del Cinvestav.

El Laboratorio de Investigación de Materiales en Querétaro se dedica a la capacitación de especialistas de alto nivel y al desarrollo del conocimiento en el área de **Ciencia e Ingeniería de Materiales**. Con una infraestructura experimental de vanguardia para el procesamiento y la caracterización de materiales, los in-

vestigadores estudian el procesamiento de películas y revestimientos, materiales funcionales, materiales para energías alternativas y materiales bioorgánicos.

La **Unidad Saltillo**, ubicada en el centro de una región particularmente estratégica, se especializa en disciplinas metalúrgicas no ferrosas. Los investigadores desarrollan proyectos en ingeniería metalúrgica, cerámica y robótica, y fabricación avanzada.

Los investigadores la **Unidad Tamaulipas** se centran en las tecnologías de la información y la capacitación de recursos humanos en inteligencia computacional y optimización avanzada, tecnologías de gestión de datos y la formación de redes de ingeniería computacional. Esta instalación se ha convertido en una economía digital básica en la región noreste de México.



Ciencias Sociales y Humanidades





Departamentos Académicos

- Ecología Humana
- Investigaciones Educativas
- Matemática Educativa

Los resultados de la investigación del Departamento de **Ecología Humana** se presentan a las comunidades, autoridades del gobierno local y organizaciones no gubernamentales para promover la comunicación y la colaboración entre los actores sociales y políticos involucrados. Un campo de investigación relevante articula las realidades culturales y los recursos naturales al relacionar el conocimiento y prácticas locales y tradicionales con el entorno natural, las formas de transmisión y las variaciones de género y de organización a

nivel comunitario. Investigadores del departamento también estudian la interacción entre humanos y animales desde una perspectiva ecológica histórica (un área de investigación enfocada en la reconstrucción de patrones del uso humano del medio ambiente a largo plazo, desde la era prehispánica hasta el presente), biología humana, migración, salud, transmisión de enfermedades y toxicología.

El Departamento de **Investigaciones Educativas** (DIE) se enfoca en cinco actividades principales: investigación educativa, capacitación de futuros investigadores, difusión de los resultados de la investigación, intervención educativa y asesoramiento a los funcionarios responsables de la política educativa nacional. Las principales áreas de investigación son: aprendizaje y desarrollo; didáctica del lenguaje, las matemáticas, las ciencias naturales y sociales; estudios socioculturales de la escuela, el aula y la comunidad; historia de educación y conocimiento;

El Departamento de Investigaciones Educativas

se enfoca en la realidad educativa mexicana dentro de un contexto global con estudios empíricos informados por diversas perspectivas disciplinarias.





El Departamento de Ecología Humana

estudia la transformación biológica y social de las comunidades regionales por la influencia de factores económicos, políticos y socioculturales.

políticas e instituciones de educación, ciencia y tecnología; juventud, trabajo y salud; y cultura y educación digital.

Desde su creación, el DIE ha mantenido una colaboración constante con la Secretaría de Educación Pública (SEP), comenzando con la elaboración de libros de texto de ciencias naturales de la escuela primaria a principios de los años setenta. Los investigadores de DIE también han trabajado en estrecha colaboración en proyectos con la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) y el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE), así como con numerosas instituciones nacionales e internacionales, como el Instituto Internacional de Educación Superior en América Latina y el Caribe de la UNESCO y la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).

El Departamento de **Matemática Educativa** es líder en investigación y desarrollo de la educación matemática en México a través de su trabajo de vanguardia sobre los mecanismos de construcción, apropiación y diseminación del conocimiento matemático. Los investigadores del departamento estudian la aplicación de las tecnologías digitales y las ciencias de la cognición en la educación matemática. Dedicamos especial atención en la capacitación de investigadores y docentes involucrados en actividades académicas en todos los niveles del sistema educativo nacional. El departamento funciona como un eje articulador en nuestra "sociedad del conocimiento", generando vínculos con otros grupos de investigación locales e internacionales con el fin de promover la aplicación de enfoques prácticos y teóricos en la educación matemática.





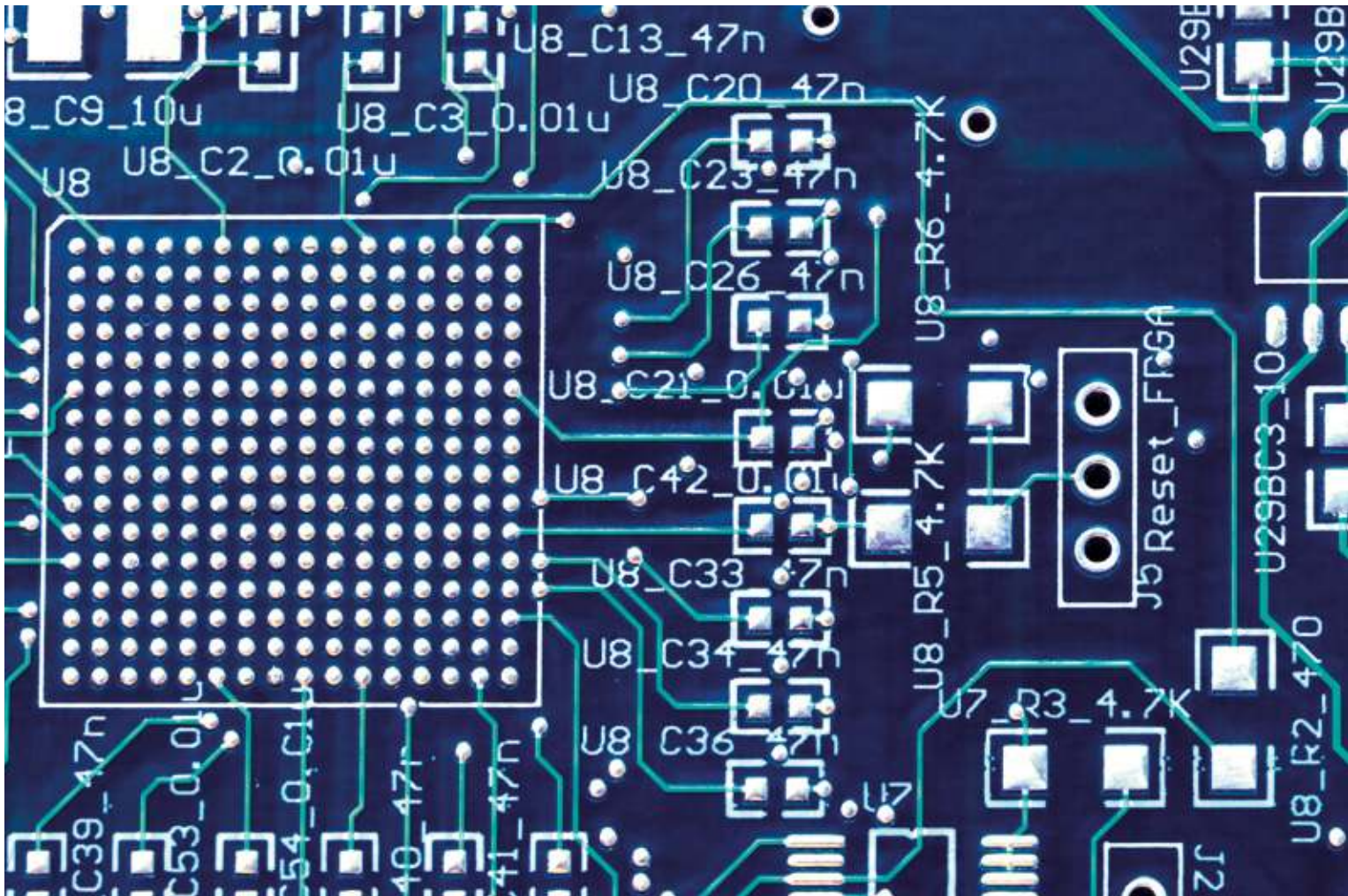
Proyectos Emblemáticos



- Seguridad informática y criptografía digital
- El detector Solenoide Compacto de Muones (CMS)
- Sobre el origen del maíz: integrando la biología de su genoma
- Las matemáticas en el currículo mexicano: Una perspectiva internacional
- Cítricos que mitigan la enfermedad del dragón amarillo (Huanglongbing)

Seguridad informática y criptografía digital

La criptografía de clave pública se inventó hace cuatro décadas y se ha convertido en una herramienta fundamental ampliamente utilizada por la industria de la tecnología de la información. Sin este tipo de criptografía, el gobierno electrónico, el comercio electrónico, las firmas digitales y otras tecnologías estándar de nuestra era digital simplemente no podrían existir. Las garantías de seguridad de las aplicaciones criptográficas de clave pública utilizadas actualmente se basan en el denominado Problema Logarítmico Discreto (DLP por sus siglas en inglés), basado en el emparejamiento criptográfico.



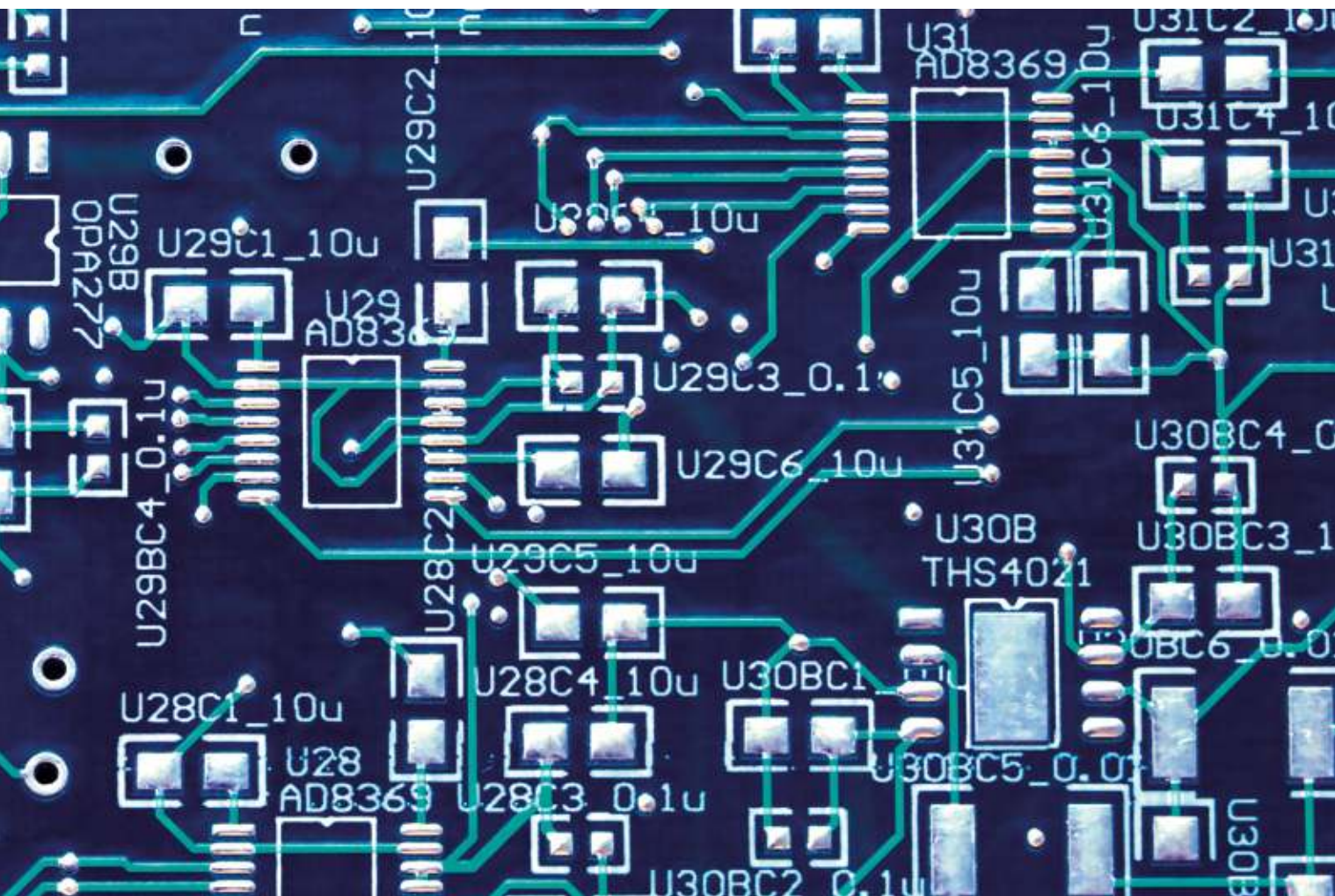
La confianza en la seguridad criptográfica basada en emparejamiento se ha visto sacudida recientemente debido a los avances algorítmicos espectaculares para resolver el problema logarítmico discreto (DLP), un problema matemático complejo en cuya difícil resolución se basa la seguridad de todos los protocolos basados en el emparejamiento.

En un esfuerzo conjunto, el grupo de investigación criptográfica del Departamento de Computación junto con investigadores del Instituto Politécnico Nacional de México y la Universidad de Waterloo en Canadá, contribuyeron al análisis riguroso de estos DLP, y ayudaron a identificar algunos protocolos de emparejamiento que en la actualidad son completamente inseguros. Esto se hizo evidente cuando el equipo mencionado resolvió con éxito una instancia del DLP que fue utilizado por varias aplicaciones comerciales que tenían, en principio, un espacio de búsqueda astronómica de aproximadamente 10^{243} soluciones potenciales.

Para encontrar la solución adecuada a este formidable desafío DLP, su biblioteca de software se ejecutó principalmente en el superordenador Abacus del Cinvestav, donde procesaron 21,870 sistemas algebraicos lineales grandes y

dispersos. El más grande de estos sistemas de álgebra lineal involucró 266,086 ecuaciones y variables, y alrededor de 289 millones de entradas no nulas en la matriz correspondiente.

Resolver todos los problemas de álgebra lineal derivados del abordaje a este DLP, junto con el procesamiento de miles de millones de polinomios, implicó un esfuerzo computacional de más de 216 años núcleo. Gracias al paralelismo masivo disponible en la supercomputadora Abacus y otros servidores poderosos en el Cinvestav y la Universidad de Waterloo, el equipo pudo completar esta tarea en aproximadamente 20 semanas calendario, en lugar de los dos siglos de trabajo ininterrumpido necesarios si hubieran utilizado una computadora equipada con solo un núcleo de procesamiento. Esta contribución actualmente representa un récord mundial en su campo.





Sobre el origen del maíz: integrando la biología de su genoma

Un grupo de investigación en la Unidad de Genómica Avanzada ha caracterizado muestras del maíz más antiguo del mundo utilizando tecnología de punta en secuenciación masiva. Uno de sus objetivos es encontrar variantes genéticas como la resistencia a patógenos o a la sequía, entre otros rasgos, que hubieran podido perderse durante el proceso de domesticación de la planta llevado a cabo por las comunidades que habitaban el centro de México. Se estableció un registro de 47% de co-

bertura, un récord para una muestra sujeta al tiempo y degradación del ADN. El ensamblaje parcial de un genoma de maíz de 5,000 años de la cueva de San Marcos (Tehuacán, Puebla) está contribuyendo a confirmar la hipótesis de que las condiciones ambientales prevalecientes en el Holoceno temprano, sobre todo la actividad volcánica, jugaron un papel importante en el proceso de domesticación y evolución del maíz, dando paso al cultivo como hoy lo conocemos.



En el momento de la conquista española, el maíz en el valle de Tehuacán ya era equivalente a las variedades autóctonas que surgieron en el centro de México y que se fueron introduciendo progresivamente en todo el mundo.

El desafío ahora es reensamblar el paleogenoma del maíz sin utilizar la referencia del actual, para descubrir genes que desaparecieron en el proceso evolutivo o segmentos cromosómicos extintos o con arreglo diferente, que no están representados en los genomas actuales. La reconstrucción será toda una innovación al tratar de identificar las piezas faltantes en función de la edad y las condiciones ambientales que prevalecieron hace miles de años durante cinco períodos prehistóricos importantes de la historia de Tehuacán.

En la Fase 1, que ocurrió hace 5,000 a 4,000 años, los resultados preliminares confirman la presencia de no menos de 17 reordenamientos cromosómicos que ya estaban incluidos en el genoma del

ancestro. El maíz recuperado de San Marcos proporcionó la primera evidencia de un proceso de domesticación del maíz que ya estaba en marcha, a pesar de las diferencias fenotípicas radicales presentes en la mazorca primitiva.

El equipo también está analizando el genoma de especímenes de maíz ancestrales pertenecientes a las Fases 2 a 4, y comparándolo con genomas obtenidos de mazorcas ancestrales encontradas en Perú y Argentina. Su objetivo es identificar las diferencias genéticas que distinguen las variedades autóctonas en el centro de México y las del resto de América del Sur antes de la conquista española.

Durante la Fase 2, (hace entre 4,000 y 2,500 años), aumentó significativa-

mente de tamaño, pero con frecuencia conservaba rasgos primitivos como la presencia de brácteas que rodean al grano. En la Fase 3 (hace 2,500 a 500 años), un aumento continuo en el tamaño y en la producción de maíz se correlaciona con cambios radicales en las comunidades mesoamericanas, incluido el surgimiento de mercados locales y la diversificación de la agricultura. Para la mayoría de las poblaciones del centro de México, el maíz se convirtió en la fuente de energía más importante. Como resultado, se desarrollaron estrategias complejas de manejo de agua y suelo para asegurar rendimientos de cultivos más eficientes. Finalmente, la expansión geográfica y la selección artificial dieron como resultado el desarrollo de un gran número de variedades locales de maíz.

Cítricos que mitigan la enfermedad del dragón amarillo (Huanglongbing)



Citrus Greening es una amenaza para la producción de cítricos y causa enormes pérdidas económicas en todo el mundo.



México es el cuarto productor de cítricos en el mundo.

En un esfuerzo por reducir sus devastadores efectos, la ABG desarrolló una estrategia para expresar proteínas antimicrobianas capaces de ser traslocadas a través del tejido vascular de los árboles hacia el sitio de reproducción de la bacteria. Se planea realizar estudios piloto para evaluar la eficacia de estos árboles genéticamente modificados para luchar contra HLB en campos abiertos.

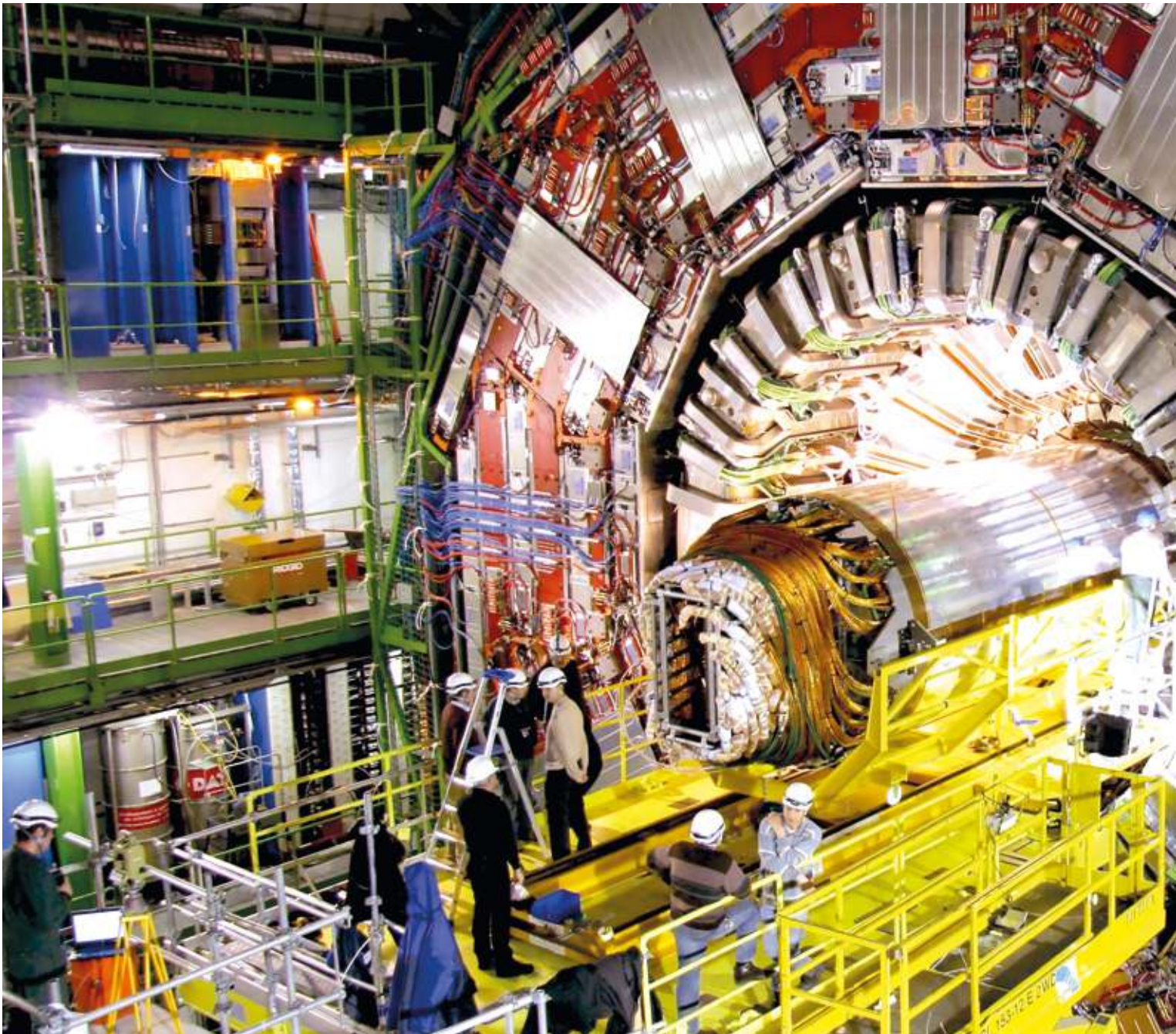
El ABC está utilizando técnicas de edición para generar modificaciones genéticas que permitirían a los árboles defenderse contra estas bacterias altamente patógenas. Finalmente, el estudio de árboles que exhiben germoplasma asintomático cuando se exponen a la enfermedad ha proporcionado valiosa información sobre las bases moleculares que confieren a la planta la capacidad de seguir siendo productiva incluso en presencia de bajos títulos bacterianos. Se planea explotar esta información para dar un manejo integral al cultivo, lo que permitirá incidir positivamente en la productividad de estos árboles.

El Grupo de Biotecnología Agrícola (ABG) del Departamento de Biotecnología ha generado cítricos que expresan proteínas antimicrobianas que mitigan el daño causado por el enverdecimiento de los cítricos, también llamado Huanglongbing (HLB). Esta enfermedad proveniente de Asia está asociada con la bacteria *Candidatus Liberibacter*

asiaticus, entró al país en 2013 y es una amenaza para el cultivo de cítricos en México y a nivel mundial. Los daños que producen son deformaciones en los brotes y coloraciones variadas en los frutos, de ahí el nombre de *Citrus Greening*. La enfermedad reduce la producción y en casos avanzados puede llegar a matar a los árboles.

El detector Solenoide Compacto de Muones (CMS)

El detector Solenoide Compacto de Muones (CMS) es uno de los instrumentos científicos más complejos y precisos jamás construidos y actualmente está en funcionamiento en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN).





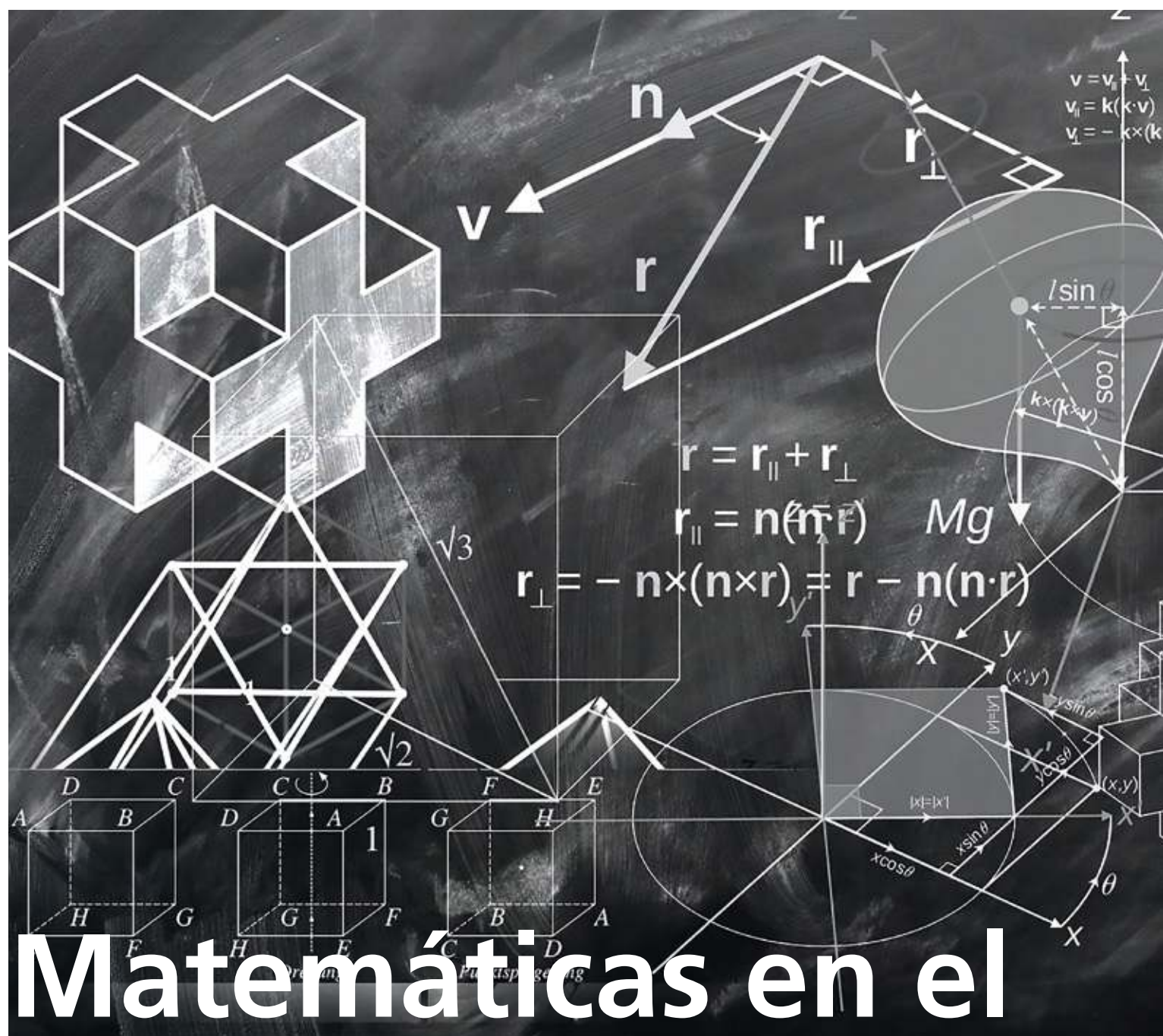
El funcionamiento de este complejo aparato requiere de la colaboración de 4,300 científicos de 182 institutos ubicados en 42 países. Desde 2005, investigadores y estudiantes de posgrado del Departamento de Física del Cinvestav han participado en este ambicioso proyecto.

El detector CMS tiene 21 metros de largo, 15 metros de diámetro y se encuentra a 100 metros bajo tierra en una enorme caverna que alberga una de las herramientas científicas más grandes del mundo, el LHC, un enorme acelerador de partículas que consiste en un anillo de 27 km de longitud. El LHC acelera partículas subatómicas, como protones y también iones pesados, a velocidades cercanas a la velocidad de la luz para crear colisiones de alta intensidad (el equipo es popularmente conocido como un destructor de átomos). El detector CMS se podría comparar con una cámara digital de 14,000 toneladas con 100 millones de píxeles capaz de tomar imágenes 3D de las colisiones en el LHC a una velocidad de 40 millones de veces por segundo.

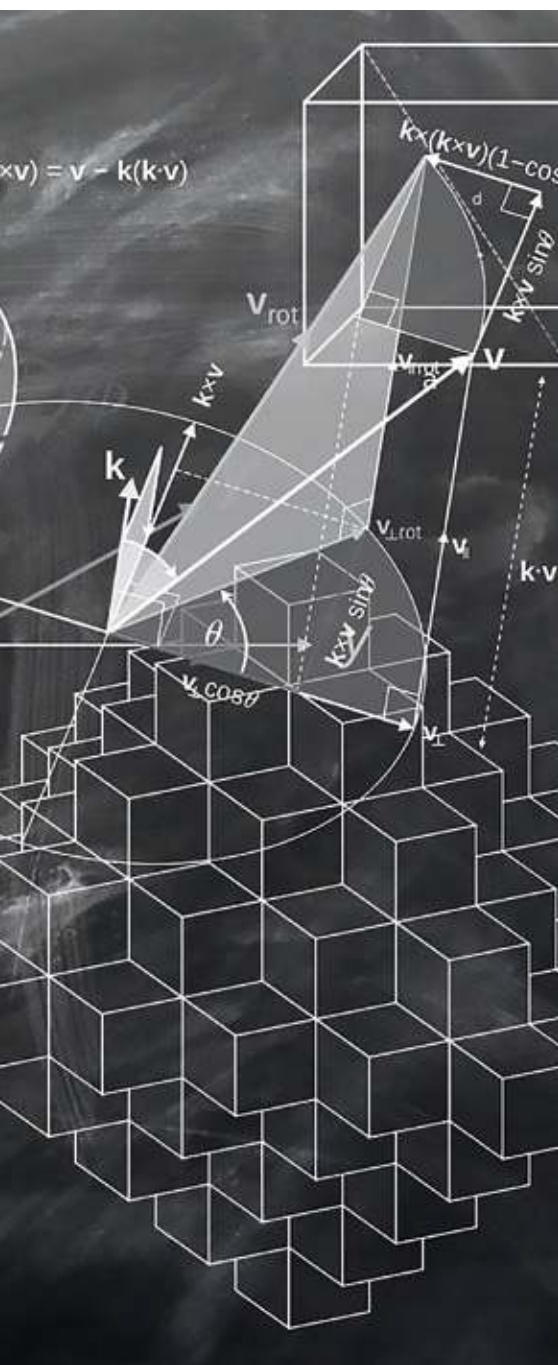
El CMS registra los datos de colisiones de protones y de iones en el LHC, reuniendo una gran cantidad de información valiosa para sondear la naturaleza fundamental

de nuestro universo. Desde 2010, este esfuerzo de colaboración internacional ha resultado en la publicación de más de 500 artículos científicos. Lo más destacado del programa CMS hasta ahora ha sido el descubrimiento de una nueva partícula, el bosón de Higgs, anunciada el 4 de julio de 2012.

El grupo del Cinvestav en el CMS cuenta actualmente con cinco investigadores y más de media docena de estudiantes de doctorado. El grupo contribuyó al desarrollo del detector interno del CMS (el seguidor de silicio) y actualmente está trabajando en el detector más externo (el sistema del muon) para mejorar el experimento. Desde 2006, el Cinvestav alberga uno de los centros de computación Grid que proporciona servicios de simulación y análisis de datos del detector CMS. Se espera que este experimento continúe en funcionamiento por más de una década.



Matemáticas en el currículo mexicano: una perspectiva internacional



Programas innovadores para la transformación de la educación mexicana

La evaluación de la calidad, la congruencia y la coherencia interna son clave para caracterizar los elementos centrales del plan de estudios.

La diversidad de los sistemas educativos en diferentes países encuentra espacios comunes para la convergencia en el desarrollo curricular, las políticas educativas, la preparación de docentes y los procesos de enseñanza y aprendizaje. Estos factores permiten el análisis comparativo del currículo de matemáticas, un instrumento central de los procesos educativos, desde una perspectiva internacional. Un instrumento metodológico fue diseñado por el Departamento de Matemática Educativa y el Instituto Nacional de Evaluación de la Educación (INEE) para comparar analíticamente el currículo mexicano con el de Chile, Corea del Sur y el Reino Unido a nivel de educación obligatoria. El instrumento se centra particularmente en tres componentes, el contexto internacional de la educación matemática, el papel asignado a las matemáticas en cada país y la importancia de la investigación educativa en el diseño curricular.

Con los sistemas educativos antes mencionados, México comparte un sólido componente matemático y un marcado énfasis en el desarrollo de competencias, la resolución de problemas y la contextualización del conocimiento. Uno de los objetivos principales de este proyecto fue la caracterización de los elementos centrales del currículo para cada nivel de educación obligatoria mediante la evaluación de la calidad, la congruencia, la consistencia interna y la medición de la adaptabilidad y la flexibilidad indicadas por el INEE. Una evaluación permanente debe siempre considerar los contenidos y las intenciones educativas, el enfoque pedagógico y su articulación con la investigación en el campo para la formulación de políticas educativas de la enseñanza de las matemáticas en los niveles académicos obligatorios. De esta forma, se pueden instalar bases sólidas para evaluar futuras reformas educativas.



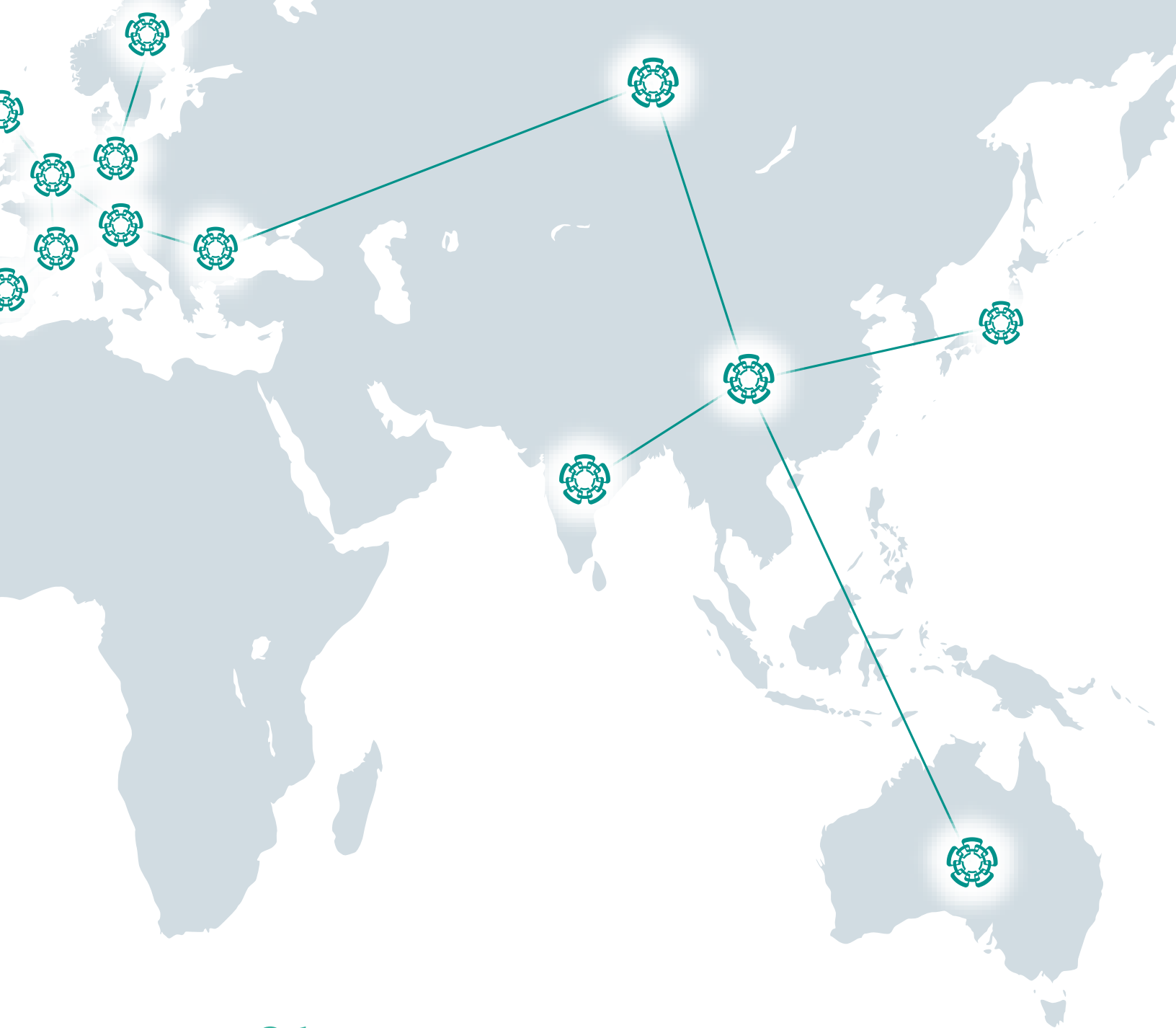
442
Acuerdos de
cooperación

La internacionalización del Cinvestav

La internacionalización del Cinvestav es una prioridad estratégica para fortalecer la cooperación con universidades, centros de investigación y centros de desarrollo tecnológico e innovación de diversas regiones del mundo. Desde el establecimiento de la Oficina de Relaciones Internacionales

en 1991 se han firmado 442 acuerdos de cooperación internacional con universidades, centros de investigación y organizaciones internacionales de 47 países. Esta colaboración internacional enriquece y fortalece las actividades de investigación y docencia mediante la creación de redes de cooperación que

promueven la movilidad de investigadores y estudiantes. Los intercambios interinstitucionales son herramientas particularmente valiosas para fortalecer la capacitación científica y la experiencia internacional de nuestros estudiantes y se han ampliado considerablemente en los últimos años.



81
graduados de doble titulación
(Bélgica, Francia, Italia, España, Suecia)



840
grados académicos
de posgrado otorgados a estudiantes extranjeros



Directorio

Dr. José Mustre de León
Director General

Dr. Gabriel López Castro
Secretario Académico

Dra. Martha Espinosa Cantellano
Secretaria de Planeación

Lic. Jesús Corona Uribe Secretario
Administrativo

Publicado por:
*Centro de Investigación y de
Estudios Avanzados Av. Instituto
Politécnico Nacional 2508,
Colonia San Pedro Zacatenco,*

07360, CDMX

Todos los derechos reservados:
*Reproducción únicamente
con permiso del Cinvestav*

Editores, concepto y
coordinación:

Martha Espinosa Cantellano
Ricardo Félix Grijalva

Edición de textos:

Carlos Coello Coello
Eduard de la Cruz Burelo
Lane Frederick Fargher Gerardo
Herrera Corral
Anaid Linares Rojas
Adolfo Martínez Palomo
Luis Moreno Armella
Ruth Paradise Loring
Susana Quintanilla Osorio
Francisco Rodríguez Henríquez
Jean Philippe Vielle Calzada
Beatriz Xoconostle Cázares

Diseño Editorial:

José Eduardo García Ramírez

Producción:

Hamer Publicidad S.A. de C.V.

Periodo de reporte: 2021

www.cinvestav.mx